

航空发动机燃烧室试验通用测试系统设计与应用

张 毫, 孙永飞, 熊进星

(中国航发沈阳发动机研究所, 沈阳 110015)

摘要: 为了规范使用航空发动机燃烧室试验测试系统和试验数据计算方法, 提出了 1 种新的测试系统结构。该系统统一了试验数据输出格式, 方便了试验数据入库管理, 降低了软件使用维护成本并提高试验质量和效率。建立了基于组态王 OPC(用于过程控制 OLE) 的通用燃烧室试验测试系统, 其中的采集与试验系统分别采用 VC 和 VB 语言开发。本系统已成功应用于不同燃烧室试验器测试系统的搭建并完成多项试验任务, 缩短了测试系统的开发周期, 降低了测试系统的维护成本, 提高了燃烧室试验的质量和效率。

关键词: 燃烧室试验; 过程控制; 通用测试系统; 航空发动机

中图分类号: V263.3

文献标识码: A

doi: 10.13477/j.cnki.aeroengine.2019.04.013

Design and Application of Aeroengine Combustion Chamber Test General Measurement System

ZHANG Hao, SUN Yong-fei, XIONG Jin-xing

(AECC Shenyang Engine Research Institute, Shenyang 110015, China)

Abstract: In order to standardly use the aeroengine combustion chamber test system and the test data calculation method, a new measurement system structure was proposed. The system unified the output format of the test data, facilitated the storage and management of the test data, reduced the cost of using and maintaining the software, and improved the quality and efficiency of the test. The general combustion chamber test measurement system based on the kingview OPC(used for the process control OLE)) was established, in which the acquisition and test system were developed by VC and VB language, respectively. The system has been successfully applied to the construction of different combustion chamber test measurement systems and completed many test tasks, which improved the development cycle of the measurement system, the maintenance cost of the measurement system, the quality and efficiency of the combustion chamber test.

Key words: combustion chamber test; OPC; general measurement system; aeroengine

0 引言

燃烧室是航空发动机 3 大核心部件之一, 其性能将直接影响发动机性能。先进航空发动机燃烧室技术研发离不开燃烧室试验^[1-2], 而且某项技术措施是否正确, 必须由燃烧室试验来鉴定。现有的燃烧室试验软件一般根据不同的试验器独立开发, 使用的编程语言和运行环境不统一, 并且设计思路往往只满足当前任务, 给试验软件后续的使用、维护和升级带来很大困难^[3-6]。随着新型燃烧室试验任务需求的不断变化, 原有试验软件很难满足, 只能重新编制; 后续试验任务数量的不断累积, 对应的试验软件数量也不断增加; 编制人员不同, 对试验数据的计算处理方法和存储格式

也不相同, 试验结果不易追溯和试验数据很难统一入库, 使试验数据不能充分被挖掘利用, 也为保存这些软件和数据增加了管理成本。针对以上问题, 对新燃烧室试验软件提出了总体需求: 燃烧室试验软件通用化; 计算链使用标准化; 数据格式统一化; 试验配置信息管理动态化; 显示控制界面个性化。

目前国外提出了对同一产品从研发设计、试制、生产到使用的全寿命过程中, 采用同一标准的测试设备和测试软件, 进行“综合测试”的新概念。并取得一定的成果, 例如美国阿诺德工程发展中心(AEDC)经过 5 年的努力, 研制出了综合信息系统。相比而言国内测试系统缺少标准和规范化, 通用性低。

本文提出并开发了 1 种通用的燃烧室试验测试

收稿日期: 2019-07-28

基金项目: 国防重点科研项目资助

作者简介: 张毫(1987), 男, 硕士, 工程师, 从事燃烧室试验测试系统设计工作; E-mail: 397007857@qq.com。

引用格式: 张毫, 孙永飞, 熊进星. 航空发动机燃烧室试验通用测试系统设计与应用[J]. 航空发动机, 2019, 45(4): 67-70. ZHANG Hao, SUN Yongfei, XIONG Jinxing. Design and application of aeroengine combustion chamber test general measurement system [J]. Aeroengine, 2019, 45(4): 67-70.

系统,且在实际试验过程中得到应用。

1 燃烧室试验通用测试系统总体设计

燃烧试验测试系统主要功能包括数据采集、处理、存储、显示、试验配置和试验控制。分析总体需求和软件主要功能发现,如果单一软件集成所有功能会使软件过于庞大和复杂,且很难满足需求,比如实现软件的通用化就很难满足数据采集、显示和控制界面的个性化^[7-9]。所以采用分解软件功能,开发多个单一功能完善、通用性强的独立软件,通过 OPC(用于过程控制 OLE,英文全称:OLE for process control)服务器建立燃烧试验软件平台工作模式,即多个独立软件协同工作,每个软件功能完善和通用,数据传输保存格式统一标准。燃烧试验软件平台设计了4个独立软件,主要工作流程如下:(1)通用采集软件,与采集仪器通讯获取原始数据,并将数据写入 OPC 服务器供其他软件读取;(2)燃烧试验通用软件,从 OPC 服务器读取采集的原始数据,通过数据处理得到有效试验数据,进行显示、发送和保存,并有试验配置管理功能;(3)显示控制软件,通过 OPC 服务器读取和显示处理后的试验数据,同时与被控设备进行通讯,接收并显示设备反馈数据和发送指令来调节被控设备,软件平台中可以有多个显示控制软件,也是软件平台中不通用的独立软件;(4)OPC 服务器软件,通过标准协议和规范,为其他软件提供数据传输交换通道。燃烧试验软件平台组成如图1所示。

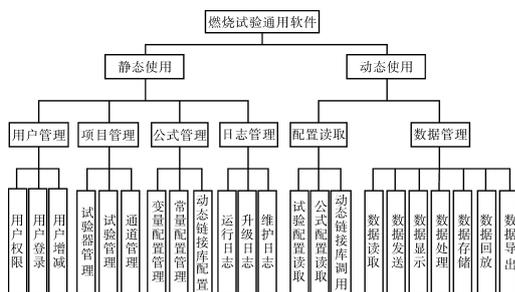


图1 燃烧试验软件平台组成

2 燃烧试验通用软件设计

燃烧试验通用软件采用 Visual Basic 6.0 编写,主要功能将从 OPC 服务器读取由通用采集软件采集的试验现场原始数据,进行工程转换并将转换后的数据写回 OPC 服务器中相应位置的变量中^[10-11]。

为实现燃烧试验通用软件的通用化、标准化、统

一化和动态化需求,该程序应具有以下功能:

(1)用户管理功能:实现对不同访问用户的权限管理。

(2)试验项目管理、通道管理、参数设置:实现试验项目及通道参数的动态配置,以满足不同试验器和不同试验的配置需求。

(3)数据读取、处理、存储、导出、回放和传感器在线检测等功能:实现通用化、标准化、统一化和动态化需求。

分析功能需求可将试验软件使用状态分为2种情况:(1)静态使用,主要指用户管理、项目管理、公式管理和日志管理等,针对配置文件进行操作;(2)动态使用,指配置读取和数据管理等,对试验数据流进行操作。程序结构如图2所示。

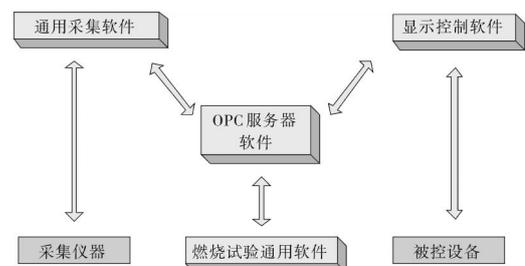


图2 程序结构

燃烧试验通用软件的主要功能是通过 OPC 通讯协议读取通用采集软件写入 OPC 服务器的原始数据,进行工程转换,得到试验数据中的实际工程数据,再将工程转换后的数据写入 OPC 服务器供显示控制软件直接引用。

为实现该程序的通用性,该程序应具备实际通道配置和计算通道配置等功能。各试验器根据其特定需求编写相关试验参数的计算公式,由于有些试验参数的计算公式参考不同的规范或资料,导致其缺乏统一性和规范性,造成试验结果不易追溯,使试验数据不能被充分挖掘利用。同时,试验软件在使用过程中,由于计算公式的某些常量或变量需要根据不同试验经常修改,新的试验任务或新的试验方法可能引入新的计算公式,导致试验软件更改频繁,增加修改错误风险和软件版本管理困难。为了解决以上问题,在燃烧试验通用软件设计中采用动态链接库(DLL)技术,将标准规范的计算公式封装,再通过完善公式配置对计算公式进行有效管理和使用。实现软件在对常量和变量修改或计算公式更新时保持软件主体程序不变,只

需更新动态链接库和相关配置即可,不但保证了计算公式的惟一性和安全性,也使燃烧试验通用软件兼顾稳定性和易更新性。定义燃烧试验计算公式的所有参数分为变量和常量,变量需引用自试验通道,常量需根据应用环境进行调整,同时满足单一、多个和不固定变量与常量的公式统一管理。通过计算公式管理功能,实现计算公式的变量和常量的有效管理,弥补长期以来试验软件的不足,通道配置界面如图 3 所示。



图 3 通用试验软件通道配置界面

3 通用采集软件设计

通用采集软件使用 Visual C++ 6.0 编写并支持多种测试仪器的数据采集,动态管理测试仪器配置,具有数据经滤波功能等,满足通用化、动态化和数据采集需求^[12-13]。主要完成测试现场 EX10xx 系列设备、DSA 数字压力扫描阀和 NI9411 模块等设备的数据采集,并将采集到的原始数据写入 OPC 服务器固定位置以供通用试验软件读取并计算转化为相应工程单位数值。为实现这些功能本采集软件主要完成试验器管理和仪器配置、通道管理和通讯配置、原始数据存储等功能。

该程序主要包含设置向导、配置界面和主显示界面。设置向导界面提供现有试验器配置库管理以及新试验器配置库的创建。配置界面提供采集仪器通道名称及类型的设置并存入相应配置库。主界面提供各种操作的菜单、工具栏以及采集参数的显示。

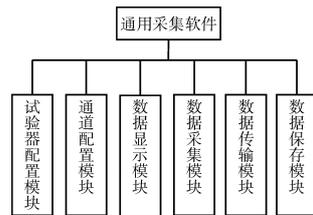


图 4 通用采集软件功能模块

软件功能如图 4 所示。

(1)试验器配置模块:新建试验器配置库或获取现有配置库名称。

(2)通道配置模块:设置通道类型并存入配置库。

(3)数据显示模块:显示现场实时数据。

(4)数据传输模块:将现场数据写入 OPC 服务器相应位置。

(5)数据采集模块:采集试验现场数据参数。

(6)数据存储模块:将实时数据存入数据库。

通用采集软件主要用于配置测试仪器相关参数,显示试验原始数据,并将原始数据写入 OPC 服务器相应位置,该软件可以配置仪器数量和通道属性参数,只采集并记录仪器的原始数据,不计算处理,在一定程度上提高了程序运行效率。最终该程序将采集到的原始数据写入 OPC 服务器供通用试验软件读取并计算处理。

由于各种类型的试验器实际测试通道数量差异较大,为提高本程序的适用性,本程序最大可满足对 10 块 EX10xx 系列设备、30 块 DSA 数字压力扫描阀以及 3 块 NI9411 模块进行数据采集。用户可根据各试验器采集仪器具体类型和数量进行勾选配置,配置界面如图 5 所示。



图 5 通用采集软件配置界面

4 OPC 服务器软件设计

OPC (OLE for Process Control) 是以 Microsoft 公司的 OLE /COM 技术为基础,采用客户 / 服务器模型制定的 1 种工业控制领域的开放式标准,在工业控制设备与应用软件之间建立了统一的软件接口标准。使工业控制过程中的数据交换更具高效性、可靠性、开放性和可互操作性。

作为对象链接和嵌入技术,OPC 在过程控制方面有极大优势。其采用客户 / 服务器模式为工业自动化软件面向对象的开发提供了统一的标准,定义了基于 PC 客户机之间交换自动化实时数据的方法。采用该标准硬件开发商简化了软件开发商为自己硬件产品开发统一的 OPC 接口程序,而软件开发商同样可以免除开发驱动程序的工作,充分发挥特长,节省研

发时间,将更多的经历投入到其核心产品的开发上。

为实现通用采集软件与燃烧试验通用软件之间的数据交换,本文设计了基于 OPC 数据存取规范的数据采集服务器是 1 个实时数据访问系统,也是过程控制系统与系统应用程序之间的桥梁,为实现测试系统的通用化,将 OPC 服务器中变量分为原始数据和计算后数据 2 部分,并开发显示界面方便用户随时查看原始数据和计算后数据^[14-15]。通用采集软件将采集到的原始数据写入 OPC 服务器中;采用燃烧室通用试验软件读取原始数据后将计算结果回写到 OPC 服务器以供其他显示控制界面引用,具体结构如图 6 所示。OPC 服务器程用于显示通用采集软件写入的原始数据和通用试验软件写入的经工程转换后的数据。

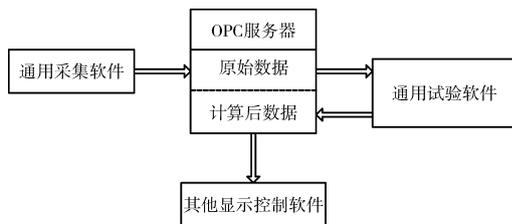


图 6 OPC 服务器数据结构

5 结束语

本文建立了航空发动机燃烧室试验通用测试系统;建立了组态王 OPC 服务器,并开发了通用数据采集软件与燃烧室通用试验软件,解决了不同试验器间测试软件不通用、数据存储格式不统一的问题;在多个燃烧室试验器平台上的应用,缩短了测试系统开发周期,降低了测试系统维护成本,提高了燃烧室试验的质量和效率。

参考文献:

- [1] 蔚曙明.先进燃气轮机燃烧室设计研发[M].上海:上海交通大学出版社,2014:173-174.
WEI Shuming. Advanced gas turbine combustor design and development[M]. Shanghai: Shanghai jiaotong university, 2014: 173-174. (in Chinese)
- [2] 北京长城航空测试技术研究所.航空测试技术[M].北京:航空工业出版社,2013:131-146.
Beijing Great Wall airlines testing technology research institute. Aviation testing technology [M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2013: 131-146. (in Chinese)
- [3] 王振华,王亮.航空发动机试验测试技术发展探讨[J].航空发动机. 2014,40(6):47-51.
WANG Zhenhua,WANG Liang. Development of aeroengine testing

- measurement technology[J]. aeroengine,2014,40(6):47-51. (in Chinese)
- [4] 鹿麟,王少峰.小型航空发动机测控系统设计[J].自动化技术与应用, 2013,32(1):114-118.
LU Lin,WANG Shaofeng. Design of measurement and control system for small aeroengine[J]. Techniques of Automation & Applications, 2013,32(1):114-118. (in Chinese)
- [5] Paul F,Penko. The high-pressure combustion facility at the NASA Glenn Research Center[R]. 2003-GT-38013.
- [6] Dale T,Shouse.High pressure combustion research at the Air Force Research Laboratory[R].ISABE 2001-1119.
- [7] 申江,解志军,赵波,等.航空发动机燃烧平台结构总体设计与调试[J].学术交流,2014(8):115-117.
SHEN Jiang,XIE Zhijun,ZHAO Bo,et al.Overall structure design and debugging for aeroengine combustion platform [J]. Academic communication,2014(8):115-117. (in Chinese)
- [8] 林宏军,马洪宇,程明.航空发动机主燃烧室试验数据库的构建[J].航空发动机,2014,40(2):90-94.
LIN Hongjun,MA Hongyu,CHENG Ming. Construction of combustor test database for aeroengine [J]. Aeroengine,2014,40 (2):90-94. (in Chinese)
- [9] 汤军社.基于虚拟仪器的模拟试验台测控系统设计[D].西安:西北工业大学.2007.
TANG Junshe. Measurement and control system design of simulator stand based virtual instrument technology[D]. Xi'an: Northwestern Ploytechnical University,2007. (in Chinese)
- [10] 张志强,孙宁.基于 VB 的实体浮力测量系统监控软件设计[J].计算机测量与控制,2007,15(12):1844-1846.
ZHANG Zhiqiang,SUN Ning. Design of monitoring software of buoyancy measurement system based on VB [J]. Computer Measurement & Control,2007,15(12):1844-1846. (in Chinese)
- [11] 方辉,张蓓.基于 VB 的 OPC 数据通信的研究与开发[J].信息技术, 2012(12):139-141.
FANG Hui,ZHANG Bei. Development and application on data collection of OPC based on VB [J]. Information Technology,2012(12): 139-141. (in Chinese)
- [12] 刘瑞祥,倪福生,顾明.基于 VC++ 和 OPC 的冗余监控程序设计[J].机电工程,2014,31(8):1094-1097.
LIU Ruixiang,NI Fusheng,GU Ming. A redundant monitoring program based on VC++ and OPC[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering,2014,31(8):1094-1097. (in Chinese)
- [13] 李炜,刘健.基于 Visual C++ 软测量集成系统设计与实现[J].自动化与仪器仪表[J]. 2014(5):143-145.
LI Wei,LIU Jian. Design and implementation of Visual C++ soft measurement integrated system [J]. Automation & Instrumentation, 2014(5):143-145. (in Chinese)
- [14] 徐庆坤,王军伟,毛建伟.基于 NI OPC Servers 实现 PC 与 PLC 实时通讯[J].工业控制计算机,2013,26(7):51-52.
XU Qingkun,WANG Junwei,MAO Jianwei. Implementation of NI OPC-based real-time communication between PC and PLC[J].Industrial Control Computer,2013,26(7):51-52. (in Chinese)
- [15] 李红梁.基于 OPC 的 PC 与 PLC 实时通讯的 LabView 实现[J].计算机应用研究,2003(12):115-118.
LI Hongliang. Implementation of OPC-Based communication between PC and PLC on LabView platform[J]. Application Research of Computers,2003(12):115-118. (in Chinese)

(编辑:刘亮)