

高空台安全监测系统 的研制及应用

Research and Application of High-Altitude Safety Monitor System

中国燃气涡轮研究院 师伟
北京锐峰协同科技股份有限公司 万晓东



师伟

工程师,主要从事航空发动机高空模拟试验测试研究。

近年来,随着航空技术的发展,军民用飞机的型号和数量都越来越多,亟需一套功能完整、性能可靠、使用方便的航空发动机安全测试系统。

航空发动机高空模拟试车台(以下简称高空台)是在地面模拟飞机发动机空中飞行环境条件(高度-速度特性)的大型试验设备,试验动用的试验设备多、危险型大、试验复杂、试验成本高,因此试验的安全性和现场

VXI、LXI 组合的混合平台和基于 LAN 开发的软件能满足目前航空发动机试验安全监测的基本要求。缺点是软件目前缺少自动诊断参数故障功能,如果软件设计能增加参数故障诊断,将是一套完美的系统。参数故障的原因有很多种,包括前端热电偶、热电阻、传感器本身故障,线路故障,信号干扰、结构设计等。

的决策对试验的成败和设备的安全及能否节约大量资金起到至关重要的作用。

系统组成

安全监测系统由安全参数监测和图像监测组成。

1 安全参数监测系统

方案设计过程中充分考虑设备在实际运行中的综合性能,使系统具备技术先进,运行稳定可靠,维修、操作方便,价格适中,产品技术支持持续时间长等特点,并考虑到系统的易于扩充和软件开发的快速性等方面因素,安全参数选用 VXI 总线和 LXI 总线的数采系统,共配置测量通道

272 个,频率量通道 16 个,热电偶通道 96 个,热电阻通道 32 个,恒流源 32 个,可编程增益模拟量通道 128 个。

选用的 VXI 1413T 总线系统具有 100k 次/秒的总通道扫描速率(如单模块最大 64 通道扫描,则最大单通道速率 $100k/64=1.56k$ 次/秒)、16Bit 的 AD 分辨率、 $\pm 0.03\%$ FS 的精度、 $DC \pm 1mV \sim \pm 16V$ 的满量程输入范围零点和满量程自动校准功能。

LXI 总线设备选用的是 48 通道精密热电偶和 EX1048 电压测量仪。选用 EX1048 满足 LXIA 级标准,确保可以通过内置的专用

Trigger Bus™ 硬件触发机制,集成并同步多个设备,还可以很容易的通过 EX2500 与 VXI 总线仪器集成。EX1048 采用网线连接,为分布式测量应用提供了一个理想的解决方案。每通道都采用独立信号调理通路、软件选择滤波。完全的通道独立确保数据完整性,每一个信号通道都提供了终端对终端自校准功能,高精度校准源在模拟滤波和增益电路之前对漂移、老化和温升进行补偿。并且每一个通道都有热电偶开路检测功能,可以连续地给出通道状态的指示,在中断或间歇的情况下能够精确地提供信号调理电路的指示。此外,EX1048 自带有一流的热电偶冷端补偿功能,系统采样速率为每通道 1000 次/S。

2 图像监测系统

利用最新的图像数字处理技术将视、音频模拟信号转化为数字信号,在计算机显示器上实时显示 1~8 路以上活动图像的同时,将各路视频、音频信号分别压缩存储于计算

机硬盘内,在计算机上实现信号的监视、记录、回放。它对视频、音频信号采用 MPEG4 编码,完全动态码流,使相同质量的录像资料保存时占用更小的空间。

改造后的图像监测系统软件支持 MPEG1、MPEG2、MPEG4、H.264、D1 等算法的程序应用;按硬件的配置,可以满足图像录像质量 1024×768 分辨率的要求,而且具完全实时效果,最大限度地实现了网络传输无极限扩展功能、IE 浏览与数据传送等强大功能。视频监控系统功能分为 4 个部分,包括视频监视客户端、监控客户端、回放客户端以及视频迁移服务端。

项目研制过程

1 设计思路

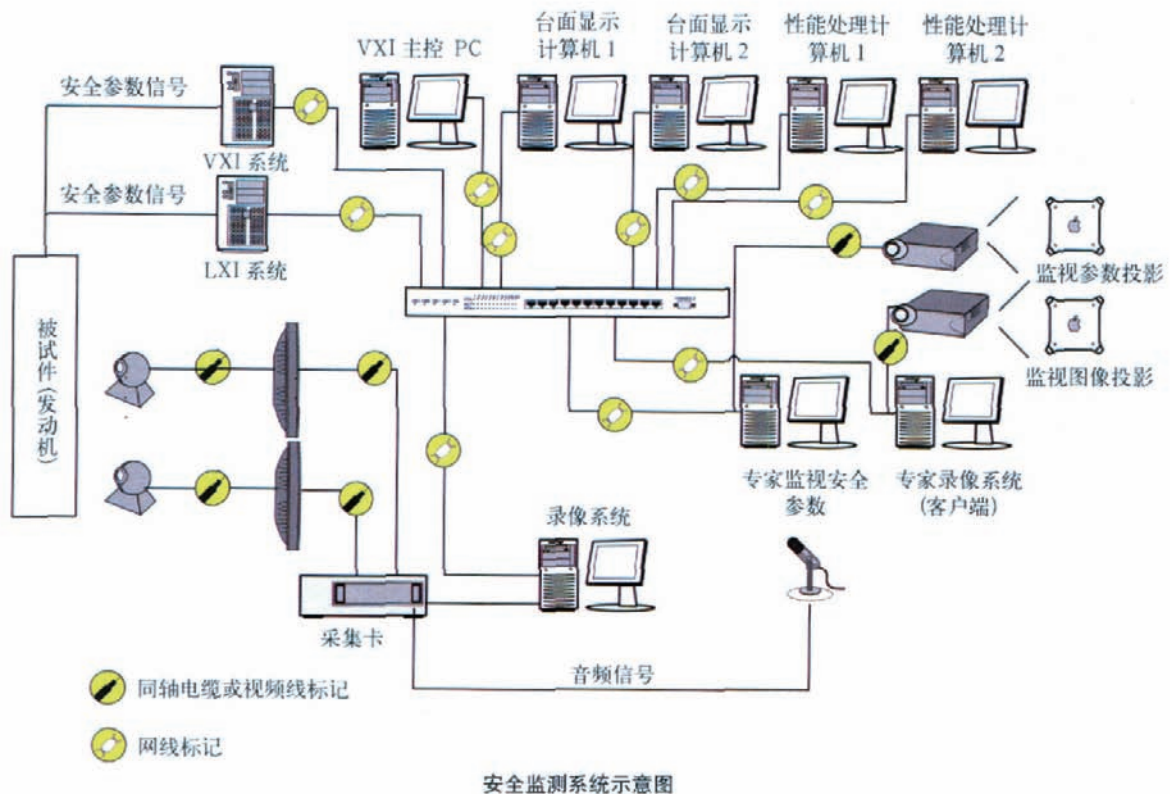
高空台安全监测系统是进行高空台试验过程监控、保证试验件安全和设备安全的主要监测手段。整个系统具有高采样速率、高测量精度和更强的分析功能。系统以 VXI+LXI

的混合系统为测试平台,采用服务器/客户端(C/S)网络交换模式,采集主控计算机作为服务器,以显示器、性能处理计算机等为客户端,各个计算机相互独立又各有联系,保证了系统相对的独立性、可扩展性。所有数据处理软件由自主开发,服务器软件负责系统的初始化、通信控制、数据采集、工程单位转换以及数据的网络发布。采样速率达到了每通道 50~100 次/秒,满足高空台试验安全监测参数的采样速率要求。客户端程序具有实时显示时间历程曲线、实时数据显示、实时 X-Y 图显示、实时计算和试验数据回放、数据转换分析等功能。主控计算机可以同时向多台客户端计算机发布数据,各个计算机根据自己的需要对收到的数据进行相应的处理。

视频数据和试验数据关联后,回放中支持图像和数据的双向跳转,有利于故障分析,提高数据分析效率。

2 关键技术及创新

(1) 系统硬件同步解决。



VXI 总线技术公司的 EX2500 是业界第一个基于千兆网的 VXI 零槽控制器, EX2500 整合的主要特点是以 LXI 标准建立一个多用接口, 通过以太网扩展了 VXI 总线使其连接到外部主机。TTL 触发的 VXI 总线是一个功能强大的组成部分, 是以 VXI 总线为基础的系统, 是用来促进硬件模块之间的交流, 使 CPU 有时间完成其他任务。由于采用了 EX2500, 所有 8 个 VXI 总线的 TTL 触发器可通过 LXI 总线集线器扩展到多主机和其他 LXI 设备。

燃气涡轮研究院选择的 LXI 设备是 LXI 的 A 类设备 EX1048, EX1048 具有标准的 LAN 接口和物理线触发接口。结合 EX2500 可以将 VXI 设备和 LXI 设备无缝连接到一起。

(2) 常规监测形式布局。

由于发动机整机试验是一个多学科的试验, 在试验过程中需要分专业监视。利用 C/S 结构, 主试验员监视 3 个屏幕, 分别是数字屏、时间曲线屏、特性图(供油规律、启动规律、压气机特性图、共同工作和调节规律图)。各专业人员根据需要采用独立计算机接收网络数据, 将接收的数据进行自定义显示和计算, 做到互不影响和多方位监测。

数据监视屏按发动机试验时的模拟状态参数、进气道参数、气路参数、腔温腔压参数、加载参数、电气参数、计算参数等分类显示。

曲线屏显示的是时间历程图, 显示方式经过几类方式的比较, 选择了在曲线最前面标志曲线的英文名称, 曲线充满全屏后, 清屏保持原来曲线最后线的 20%, 在慢慢充满全屏。试验前将根据本次试验目的和科目将试验需要的参数进行配置。

(3) 关键参数监测。

关键参数分为影响安全的关键参数和影响试验目的的关键参数。

影响安全参数是影响试验件和

试验设备安全的参数, 对这些参数设计了上下预警和上下报警, 主试验员屏幕有显示, 其他分专业人员也可通过其他终端进行监视。一旦发生参数预警, 要经过专业人员和试验总指挥决定采取何种措施或是否终止试验。

影响试验目的参数发生问题后, 要判断参数是否属于测量问题以及其他点能否满足对试验目的的评定, 如果无法弥补, 由试验指挥决定终止试验进行参数检查, 检查结束后恢复试验。

(4) 间接测量参数实时计算。

常规计算用公式编辑器实现, 有利于配置和检查, 提高工作效率。用户直接在计算表格里输入计算公式, 后面的计算通道可以引用前面计算通道的公式。对于多个公式都使用的参数可以设置中间变量。该计算模板中包含四则混合运算、三角函数、反三角函数、指数运算、开方、对数运算等等能满足常规计算的要求。

复杂计算用固定程序计算, 配置相应的计算通道, 设置迭代次数等进行计算, 设计有计算出错和违背设计常理判断。常用的判断有计算约定判断(如静压参数大于总压), 常规计算约束判断(如开方数为负数), 迭代次数超过设定值仍旧没有满足迭代要求, 特殊变化点的记录(如轴向力反向点记录)等。

所有计算都利用分布式的特点在后端独立接收完成数据, 不影响前端的记录和其他专业的同时分析和计算。

(5) 分布式满足不同专业需要。

在软件开发方面, 充分发挥硬件的优势, 将数据采集和网络技术充分结合, 采用分布式数据采集处理系统, 满足不同层面用户的需求。各个用户可以根据自己的需要, 通过授权对数据进行显示、处理和分析。网络技术在试验中的应用提高了数据的共享能力, 给数据的实时和多面分析、实时检测多样化等提供了有利支

持。

(6) 开放的程序接口。

软件开发过程中注重了数据的分享和同步数据的网络发布。同时数据回放可以将程序转化成其他格式的数据供其他软件处理, 比如目前高空台各个专业常用的 VC++、VB、FORTRAN、MATLAB 工具等。

(7) 试验件辅助统计功能。

根据试验统计的要求, 设计了人工干预的半自动统计功能。目前该功能只有燃机时间和试验件寿命的统计, 其他统计功能正在不断完善中。燃机时间的统计开始和判定条件在试验前确定, 采用人工配置, 在试验结束时给一个结束标志, 系统会自动将这一段时间燃机时间和根据各个状态的权值计算使用寿命并接结果和统计源数据写入文件。目前该功能正在研究其他统计选项的实现。

(8) 图像和数据结合。

录像数据和试验采集数据结合, 支持互相跳转的功能大大有利于数据分析。本部分由北京锐峰协同科技股份有限公司结合录像硬件商合作开发。事后回放图像出现异常后可以点击按钮直接看到与视屏同时采集的数据; 也支持从数据发现异常时查看录像数据。该功能结合数据库开发, 目前正在调试阶段。

结束语

VXI、LXI 组合的混合平台和基于 LAN 开发的软件能满足目前航空发动机试验安全监测的基本要求。缺点是软件目前缺少自动诊断参数故障功能, 如果软件设计能增加参数故障诊断, 将是一套完美的系统。参数故障的原因有很多种, 包括前端热电偶、热电阻、传感器本身故障, 线路故障, 信号干扰、结构设计等。参数故障处理目前也是我们正在研究和逐步深入的工作之一。

(责编 侧卫)