

飞行台被试发动机视频监控系统设计

段小维*, 王欢, 王保华

中国飞行试验研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 针对某被试发动机飞行台试验要求, 对设计研发的一套被试发动机视频监控系统进行了描述。介绍了该视频监控系统的功能、特点, 系统的集成构架及实现方法, 重点阐述了摄像头的选位、软件功能设计及数据的处理存储方法。

关键词: 发动机; 飞行台; 视频监控; 系统设计; 软件设计; H.264压缩算法; 数据存储

中图分类号: V212.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2016) 02-0029-04

被试发动机的飞行台试验是将被试发动机安装于成熟的载机平台, 在真实高空飞行条件下完成对被试发动机功能及性能的暴露、考核、评估的试验方法, 一般用于新型发动机的研制试飞及取证试飞阶段。在该试验阶段, 一套实时、清晰且稳定的视频监控系统可以确保试验技术人员在整个试验过程当中, 能够实时直观地观察监控到试验吊舱内环境、被试发动机以及发动机重要部件的状态, 能够及时地发现试验过程中出现的火警、漏油、吊舱结冰、异物吞入、飞鸟撞击、发动机状态异常等突发状况, 空中试验人员也可以尽快了解状况并及时采取相应的措施, 降低危险及防止损坏的发生。视频监控系统在保护被试发动机及飞行台的安全方面起到重要的作用。

本文针对国内某飞行台二号位被试发动机及其试验吊舱状况, 设计研发了一套视频监视系统。该系统通过采用合理的布局及机位选择, 部件的重新加固, H.264数据压缩算法等措施解决了其使用过程中存在的振动、高低温等使用环境恶劣, 记录存储数据量大等实际问题。系统具备图像清晰, 数据存储量大, 实时性、稳定性与可靠性较高, 体积小、重量轻, 便于机上安装的特点。该系统在实际应用中记录了飞行台飞行过程中被试发动机重要部件的全部影像, 在保障安全的同时, 对发动机空中试验故障的判断分析及排除也可以起到一定的辅助作用。

1 系统设计

1.1 系统结构设计

在充分分析考虑被试发动机飞行台试验的全部试验过

程及要求的基础上, 结合该飞行台实际空间及布局情况, 设计完成视频监控系统, 如图1所示。该视频监控系统主要由信号及电源输入、视频采集控制器及数据输出处理3部分构成。包括视频信号获取所需的高清相机, 用于图像采集、显示、记录、传送的采集控制器, 视频显示接口, 人机交互接口, 卸载装置及软件, 以及供遥测使用的PAL模拟信号接口。

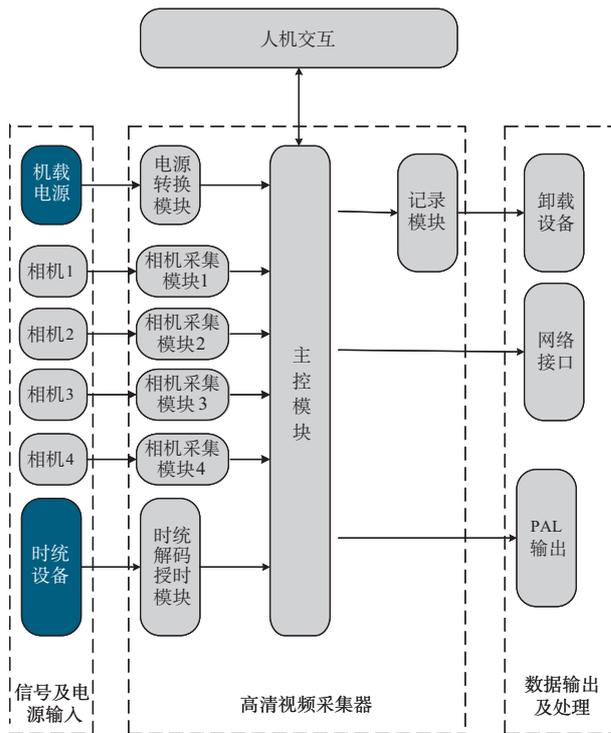


图1 视频监控系统结构图

Fig.1 Structure of the video monitoring system

收稿日期: 2015-09-10; 录用日期: 2015-09-21

*通讯作者. Tel.: 17782577986 E-mail: 58684359@qq.com

引用格式: DUAN Xiaowei, WANG Huan, WANG Baohua. Video monitoring system design of the tested engine on flight test bed [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27(02): 29-32. 段小维, 王欢, 王保华. 飞行台被试发动机视频监控系统设计[J]. 航空科学技术, 2016, 27(02): 29-32.

1.2 相机布局与选位

视频监控系統用于某飞行台二号位被试发动机及其吊舱状态的监控,由于在起飞落地及整个飞行过程中都存在温差、振动、电磁干扰等恶劣的使用环境,特别是试验吊舱内空间狭小,震动大且无光照的使用现状,对相机的选位与安装造成了极大的困难。在综合考虑现场实际情况的基础上,本着可靠安装基础上监控关键部位的原则,系统在飞行台技术舱及试验吊舱内各安装了4台高清相机,布局与选位如图2所示。

(1) 相机 1:安装在技术舱内顺航线左前观测窗口,用于观测试验吊舱被试发动机进口处,全程监控发动机试验过程的进气状况及有无异物被吸入等突发事件产生。

(2) 相机 2:安装在技术舱内顺航线左后观测窗口,用于观测被试发动机尾喷口处的变化,随时监控尾气的喷射状况、火焰的喷射状况及油气的分离状况。

(3) 相机3:选择安装在试验吊舱内飞机与吊舱供油管路的连接口处,此处位于试验发动机上方吊梁内部,一旦发生泄漏,流出的燃油将全部流向发动机,必将造成严重后果。

(4) 相机4:安装于发动机短舱前端工艺进气道内部,监视发动机液压负载设备的工作情况。

其中,3#、4#两台摄像机安装于试验吊舱内,由于环境黑暗,对其进行了LED冷光源补光设计。另外,由于这两个相机与被视物距离很近,成像距离大约100mm左右,所以选择加装了广角镜头。

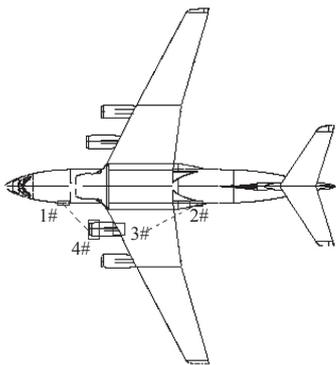


图2 相机布局及安装位置示意图

Fig.2 The layout and installation position of the cameras

1.3 相机、镜头的选择及改装

相机及镜头用于视频信号的获取,本视频监控系統采用了4台德国Vision Components公司高灵敏度200万像素CMOS传感器的高清工业相机,配装富士公司的FUJIFILM工业镜头。该相机尺寸精巧,其像素、采样频率及清晰度等各项功能均能满足飞行台视频监视系統监测需要。相机及镜头性能参数如下所示:

(1) 相机性能参数

图像传感器:200万像素CMOS传感器,1/2.7英寸光学制式;最大画面像素:1920(H) × 1080(V);最低照度:0.1Lux@F1.4;信噪比:45dB;输出接口:以太网接口;输出协议支持:HTTP、RTSP、RTP/TCP、RTP/UDP、TFTP;快门:1/1000 ~ 1/2s;动态范围:69dB;输出分辨率支持:1920 × 1080、1280 × 1024、1280 × 720、1024 × 768;逆光补偿&增益:自动;镜头座&镜头类型:C/CS;工作温度:-30~70℃;输入电源:12~48V直流,或24V交流,PoE网络供电;存储温度:-20~60℃;环境湿度:0~90%(无凝结)。

(2) 镜头性能参数

焦距:3.8~13mm;工作温度:-30~70℃;光圈范围:F2.8~16;重量:85g。

由于机载环境下起飞及发动机吊舱内振动较大,地面及空中使用环境温度较大,空间较小,光照严重不足,电磁环境复杂,接近供油管路,对3#、4#相机及镜头进行了重新封装及密封防爆处理,对相机及器件进行二次加固及LED冷光源补光设计,对所有电气接插件进行了符合航空标准机载接插件的改装。改装完成的摄像机如图3所示,外形尺寸为90mm × 64mm × 43mm,满足安装使用要求。

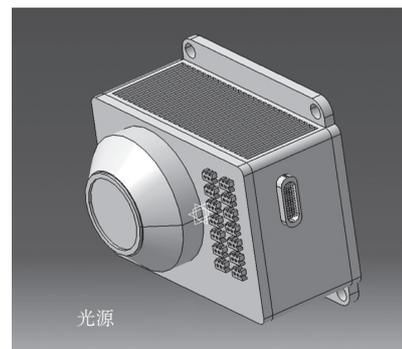


图3 改装后的高清相机

Fig.3 Refitted high definition camera

1.4 视频采集控制器

视频采集控制器是该系统的核心部分,负责对摄像机及视频信号进行采集、处理及存储,由时统解码授时模块、高清相机采集模块,电源转换模块,主控制单元,记录模块组成,各模块功能如下:

(1) 电源模块

将机载28V电源转换为系统元件所需的5V,12V等。

(2) 时统模块

能够接收IRIG-B码的差分 and 单端形式,同时进行IRIG-B解码,实时地将接收到的时间叠加到监控画面上。

(3) 相机采集压缩模块

解析相机传输协议,实现相机的监控画面采集以及压缩。

(4) 主控模块

处理各个模块协同工作,提供软件运行平台。记录配置软件,实现相机配置,实现监控、视频记录及信号转换输出。

(5) 记录模块

该记录模块采用512GB的工业级固态电子盘,四路视频信号经压缩处理后,可连续记录50h以上。

(6) 卸载设备

实现记录文件的卸载及回放。

2 系统功能实现及软件设计

2.1 软件功能模块划分

系统整个软件划分为相机适配模块、数据采集模块、数据存储模块、数据转化模块、视频预览模块和系统配置模块等5部分,如图4所示。

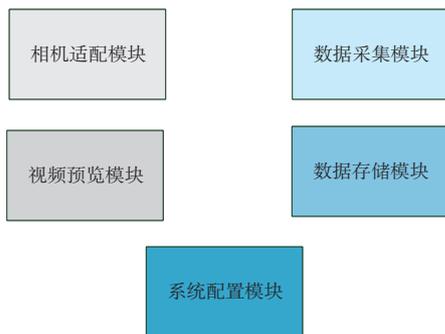


图4 软件功能模块图

Fig.4 Software function mold diagram

2.2 软件功能设计

结合空中试验人员实际使用习惯及需求,设计该系统软件设计界面,如图5所示。主要包括以下功能:

(1) 文件菜单栏:开机自动运行的相关配置,视频实时监控的相机列表,如为空则不进行视频实时预览,并且不启

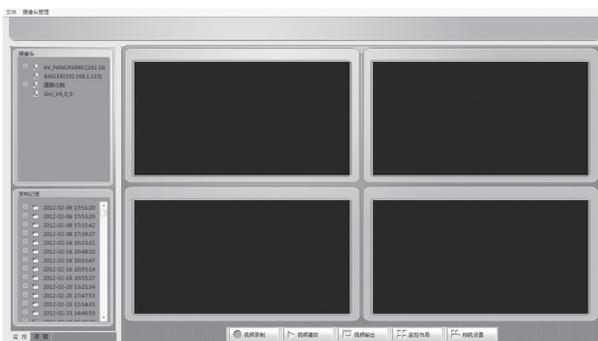


图5 软件主界面设计

Fig.5 Main interface of the software

动图形化系统界面,最大限度的节省系统资源;视频录制的相机列表,软件启动之后要进行视频录制的相机。

(2) 摄像头管理栏:对相机的相应管理操作,包括以下3项功能:

(a) 包括摄像机添加:系统可以自动搜索出局域网内所有已经处于可用状态的相机(可用状态指相机已经上电并且连接网络正常工作中)以供添加,添加之后回自动储存,无需重复查找。

(b) 摄像机编辑:可以对已经存储在相机列表之中的相机,进行名称,IP等特性的修改。

(c) 摄像机设置:对于相机列表之中处于可用状态的相机,可以对其对比度、亮度、分辨率等摄像参数进行设置,保证拍摄质量。

(3) 摄像头显示栏:显示自动检查到的摄像头,可拖动到预览窗口。

(4) 录制记录显示栏:显示记录文件列表。

(5) 预览窗口:可实时预览摄像头画面。

(6) 视频录制按钮:一键录制所有正在预览的摄像机。

(7) 监控布局:系统可任意调节监控窗口显示布局,另外相机监控画面组合(一画面、二画面、四画面)可以根据需要调整。

2.3 大量数据的处理存储

系统高清相机以分辨率为 1920×1080 ,传输速度为25fps进行采集,其数据量约为50MB/s,该系统采集4路,考虑到2倍余量,要求盘的写入速度约为3GB/s。根据实际试验要求及飞行架次安排情况,该飞行台每个架次任务时间大约4h,安排不少于3个架次的任务需求,则需容量为8.2TB的存储盘。根据以上分析,无论写入速度和存储介质容量都是目前国内技术无法实现的。为了在满足数据处理写入要求以及存储容量要求的基础上保证图像质量,该系统采用以H.264压缩算法为核心的无损压缩技术,千兆以太网网络接口,PCI-e总线技术背板。其H.264压缩算法编解码流程主要包括5个部分:帧间和帧内预测(Estimation)、变换(Transform)和反变换、量化(Quantization)和反量化、环路滤波(Loop Filter)、熵编码(Entropy Coding)。

整个系统采集压缩模块数据处理流程如图6所示。

数据处理过程为:每一路相机通过一个独立的千兆以太网接口发送给高清数据采集器的采集压缩模块的网络接口,经过网络变压器,网络接口芯片将数据发送给FPGA,FPGA通过对数据的网络协议解析,还原出原始数据,再经过H.264数据压缩单元压缩后,由背板总线将数据发送给主

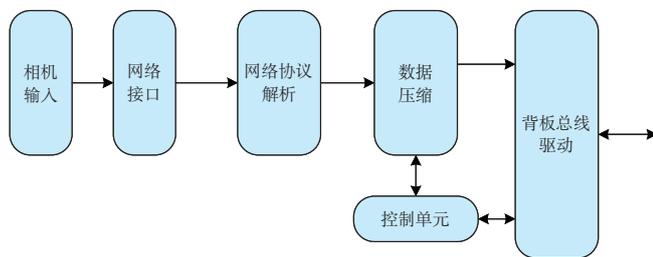


图6 相机采集压缩模块数据框图

Fig.6 Data acquisition module of cameras

控单元。控制单元主要实现对压缩参数的设置,以及IRIG-B码的压缩叠加。

通过实际测试,采用H.264无损压缩算法后,图像质量几乎没有受到影响,而数据量大大减少。对于每一帧画面变化很小的图像,数据量可以减少到原来的1/60。经过实测系统使用的512G存储盘可连续记录50h以上,完全可以满足实际使用要求。

3 结论

本文针对某飞行台被试发动机的试验过程及需求,设计研发了一套被试发动机视频监控系统。该系统在某飞行台上进行了近40h的考核,工作正常。系统图像显示清晰,实时性较好,图像存储与回放较为完整。并且在飞行过程中经机上遥测系统同步发回的图像信息,监控大厅的地面站接收效果极佳,受到相关人员的好评。

AST

参考文献

[1] 关卓威.基于H.264编码标准的视频处理技术研究[D].哈尔滨工业大学,2006

GUAN Zhuowei. Research on video processing based on H.264 [D]. Harbin Institute Technology, 2006. (in Chinese)

[2] 辛长春, 姜小平, 吕乃光. 基于FFmpeg的远程视频监控系统编解码[J]. 电子技术, 2013 (1): 3-5.

XIN Changchun, LOU Xiaoping, LV Naiguang. Remote video coding and storage based on FFmpeg [J]. Electron Technology, 2013 (1): 3-5. (in Chinese)

[3] 蔡亮明. 基于Linux视频监控终端软件实现[J]. 贵州大学学报, 2012, 29: 90-93.

CAI Liangming. Software implementation of video surveillance terminal based on Linux [J]. Journal of Guizhou University, 2012, 29: 90-93. (in Chinese)

[4] 吕世良, 王晓茜, 刘金国. 数字视频监控系统设计与实现[J]. 测控技术, 2014, 33(2): 80-82.

LV Shiliang, WANG Xiaoxi, LIU Jinguo. Design and implementation of digital video surveillance system [J]. Measurement and Control Technology, 2012, 29: 90-93. (in Chinese)

作者简介

段小维(1985-) 女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 航空发动机飞行试验电气控制技术。

Tel: 17782577986 E-mail: 58684359@qq.com

王欢(1985-) 男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 航空发动机整机试验技术。

王保华(1959-) 男, 工程师。主要研究方向: 航空发动机飞行试验测试技术。

Video Monitoring System Design of the Tested Engine on Flight Test Bed

DUAN Xiaowei*, WANG Huan, WANG Baohua

Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China

Abstract: The design of video monitoring system of the tested engine was described, after analyzing the test requirements of the tested engine on flight test bed. The characteristics, functions, integration framework and the implementation method of the system were given in the paper, especially expounded on the position-selecting of the cameras, the software function design and the method of massive terrain data processing and storage.

Key Words: engine; flight test bed; video monitoring; system design; software design; H.264 compression algorithm; data storage

Received: 2015-09-10; Accepted: 2015-09-21

*Corresponding author. Tel.: 17782577986 E-mail: 58684359@qq.com