

航空相机检测仪系统的设计与实现

叶 华 李 彬 高培淞 刘 禹 张 赫

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所 长春 130033)

摘 要:航空相机是一种重要的机载光电设备,在航空对地测绘等领域有着较为广泛的应用,为方便、直观地对航空相机进行地面检测,设计和实现了一种配套某型航空相机的检测仪系统。根据航空相机地面保障设备任务书和相机与地保设备通讯协议,给出了检测仪系统的功能需求。根据相机的接口要求和系统计算能力的要求,设计了检测仪系统的硬件方案。根据软件部分的功能需求,提出了一种新的分层架构,同时详细论述了软件系统的关键技术,描述了程序的运行流程,给出了检测仪系统的软件设计方案,并在 VC6.0 环境下实现了检测仪软件系统。针对检测仪的工作方式,设计了测试流程,并根据流程对检测仪进行了详尽的测试,经多次测试,检测仪工作正常。测试结果表明,检测仪系统满足了对其功能的全部要求,运行稳定,操作简便,显示直观,可以应用于航空相机地面保障任务。

关键词:航空相机;地面保障;检测仪;ARINC429;分层设计

中图分类号: TP336 TN876.3 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.4030

Design and implementation of detecting instrument for aerial camera

Ye Hua Li Bin Gao Peisong Liu Yu Zhang He

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Aerial camera is an important optoelectronic device and is widely used in aerial mapping, in order to detect the aerial camera conveniently and intuitively, a detecting instrument system mating a certain version aerial camera was designed and implemented. The function requirement of this detecting instrument system was given pointing to the assignment document of the on-land support device and communication protocol between the camera and support device. The hardware constitution was designed refer to interface demand of the camera and computation demand of the system. A hierarchical architecture was put forward, at the same time, the key technology of the software system was discussed in detail, the running flow of the program was presented, and the design of the detecting instrument's software was given all according to the software function demand, and the software was implemented using VC6.0. The testing flow was designed by the working method of detecting instrument, and it was exhaustively tested according to the testing flow, the detecting instrument was working well at all these tests. The testing result shows that the detecting instrument fulfills all the function demands, the detecting instrument works stably, operates conveniently, and shows intuitively, could be used in the on-land support tasks of the aerial camera.

Keywords: aerial camera; on-land support; detecting instrument; ARINC429; hierarchical design

1 引 言

航空相机在摄影、测绘等领域起着重要的作用,相关技术迅猛发展,因其在动态条件下成像,对其技术性能要求、可靠性要求较普通相机更高^[1-2]。航空相机在机上工作时,有专门的任务处理机控制相机完成拍照任务,而在执行调试、维护、检查等地面任务时,缺乏专用设备,难以

自动测量相机的状态。因此,迫切需要设计一种用于航空相机地面保障任务的故检测仪器^[3-5]。

针对航空相机地面检测要求,提出了一种基于 ARINC429 协议的航空相机检测仪的设计方案,并在 VC6.0 下实现了该检测仪的软件程序。测试证明该设备可有效完成航空相机的地面检测任务。

收稿日期:2017-03

2 系统功能需求

检测仪用于在地面进行的任务(如调试、检验等)中相机的控制和状态检测,是航空相机地面保障系统的重要一环^[6-7]。在外场进行维护时,相机所需电源不是随处可得,因此检测仪应向相机提供电源输入。检测仪通过周期发送指令信号、工作与模拟飞行数据到相机控制相机工作,通过周期接收相机上报数据,得到相机状态。这些数据包含了相机当前的工作状态,相机实际工作参数,相机故障信息,电路板信息等。接收数据后,检测仪软件通过快速解译,实时刷新,使信息直观地显示在界面上^[8-9]。

根据以上工作方式,提出系统功能需求如下:

1)提供指定的供电接口:交流 115 V,直流 28 V,能够安全稳定地为相机供电。

2)根据相机设计人员需求,提供两类通信接口。

①Arinc429 通信接口:发送通道 1 路,接收通道 1 路,传输速率 100 Kbps。

②压缩图像接口:2 路,每路图像传输速率 3.2 MB/s。

3)提供用户参数输入窗口,以 20 ms 为周期定时发送工作参数、接收相机上报数据。

4)解析和实时显示相机的状态、故障信息,可对相机工作状态进行全面检测。

3 硬件组成

3.1 ARINC429 协议

ARINC429 总线协议由美国航空电子工程委员会(airlines engineering committee, AEC)于 1977 年提出,可用于航空电子设备与电子系统间的通讯^[10]。429 总线是单向传输的、差分的双绞屏蔽线,其传输速率分为高低两档,低速为 12.5 Kbps,高速为 100 Kbps,采用双极归零制三态码方式调制,数据字通常为 32 bit。具有结构简单,传输速率高,抗干扰性强等优点^[11]。协议的数据字格式^[12]如表 1 所示。

表 1 ARINC429 总线协议数据字格式

数据字位数	数据字内容	简写
1-8	标号位	LABEL
9-10	源终端识别位	SDI
11-29	数据位	DATA
30-31	符号状态矩阵	SSM
32	奇偶校验位	P

3.2 系统硬件组成方案

由于检测仪担负着向相机供电的任务,因此,系统硬件中包含了 28 V 直流电源和 115 V 的交流电源。

担负板卡硬件平台和软件操作系统平台的是检测仪的核心——高性能图形工作站,在硬件选择上,配置了多核 CPU 和大内存,在操作系统选择上,安装了微软 Windows XP 为系统工作平台。

ARINC429 总线接口卡选用北京浩正泰吉科技有限

公司的 TG-429PCI/66-000-BC 型号的 PCI 插槽 429 总线通讯卡。该卡具有 6 个通道,每个通道支持独立收发,支持 12.5 Kbps 和 100 Kbps 两种传输速率,支持中断模式,每路通道的接收电路和发送电路都带有总线保护电阻。

图像采集接口卡选用中电集团 54 所提供的 PCI 总线插槽的 RS485 卡,有 4 路通道,可以编程实现多路图像同步接收。

系统的硬件组成如图 1 所示。

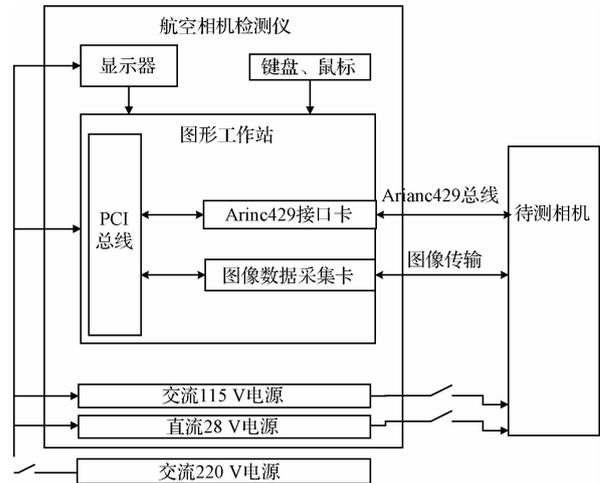


图 1 检测仪系统硬件组成

4 软件设计

4.1 软件总体设计

检测仪是判断相机状态的窗口,是连接设计、测试人员和相机的桥梁。相机在机上时,是与机上的控制设备进行通信,在地面时,为模拟机上环境,检测仪与相机的通信协议需与机上设备保持完全一致,因此,根据载机情况,检测仪与相机间采用 ARINC429 协议进行通信。

检测仪软件正常工作时需要设置和收发的数据如下:

1)通讯配置数据:板卡号、接发端口、端口数据传输速率、通道滤波表。

2)下发数据:指令信号、模拟飞行参数。

3)接收数据:相机存储状态、相机工作状态、相机故障信息。

相应的,界面设计应有对应区域,包括配置设置区,工作指令区,参数设置区,状态、故障显示区。

检测仪软件需要有良好的的人机交互界面、高频的刷新操作,因此软件利用 VC6.0 作为编程环境,C++ 作为编程语言,基于面向对象技术的软件设计使程序继承性大为增强,MFC 全面而强大的函数库使功能增删和界面设计更加灵活。

4.2 分层设计思想

检测仪软件需要完成的功能如功能需求所述。但如果细分其功能,可以发现每个功能所实现的操作是复杂的,以发送 ARINC429 协议数据字为例,涉及到的子操作就有:初始化板卡,按照协议将数据编码成为 32 位的数据

字,查询时间并定时发送等。因此,软件的规模比较庞大,软件的设计也就不应该仅仅着眼于完成需求的功能,还应该有良好的架构,以便于功能的扩展和程序的维护。软件设计过程中比较广泛采用的技术是分层技术^[13]。

目前比较常用的软件架构有模型-视图-控制器模式(MVC模式),该模式常用于WEB程序中。其中,模型表示程序的数据逻辑,一般用来保存重要数据,例如数据库记录等,视图用来显示数据,而控制器用来收发数据,处理客户端的人机交互请求。MVC模式的优点是各业务逻辑相对分离,耦合性低,便于分别开发,程序可读性和可维护性强^[14]。

在分析检测仪的需求之后,发现如果按照MVC模式设计程序,检测仪控制器类将既包括面向用户的输入/输出操作,也包括面向相机的输入/输出操作,功能比较复杂。因此,结合程序实际,参考MVC模式,提出了适用于本软件系统的分层架构,即将检测仪程序分为底层控制-协议解析-界面设计3个层面。

1)底层控制层主要用来收发数据,针对429板卡和相机。负责实现板卡初始化和复位、定时接收、定时发送、读取接收缓冲区给协议解析层、从协议解析层读取数据更新发送缓冲区、从相机接收数据更新接收缓冲区等功能。

2)协议解析层是底层控制层和界面显示层的沟通纽带,主要用来编解码,包括两部分:发送数据字生成模块和接收数据字翻译模块。

①发送数据字生成模块针对界面层传递给本层的数据和请求,可将传递来的参数、指令转换成统一格式的数据,数据被解析成ARINC429协议数据字,继而被传输给底层发送缓冲区。

②接收数据字翻译模块针对底层接收缓冲区传递给本层的数据,可将数据从429协议数据字中剥离,根据协议解析并将结果送交界面层。

3)界面显示层针对的是用户。负责收集用户的人机交互请求,即点击的指令、发送的参数、选择的各项配置等,并显示源码、相机的工作状态和测量到的工作参数。

3个层次之间的关系如图2所示。

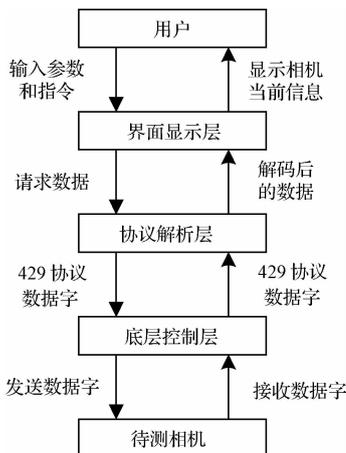


图2 3个层次间的关系

4.3 软件关键技术

1)高精度定时技术

检测仪软件需要按照协议约定的周期,实现高频率、低差错的周期发送、周期接收。同时,为使信息及时的在界面上更新显示,需要以较高频率刷新界面。常用的定时器函数,如普通定时器 Timer 精度较低,仅为55ms左右,以此周期和相机通信,容易产生严重的丢帧现象^[15]。

因此,检测仪软件采用了VC提供的高精度多媒体定时器进行定时,该定时器函数形式如下:

QueryPerformanceFrequency(LARGE_INTEGER * lpFrequency) 、

QueryPerformanceCounter (LARGE_INTEGER * lpCount)。其精度与机器CPU配置有关,通常可达到微秒级,完全满足以20ms为周期与相机准确对接传输数据的要求。

2)多线程模型技术

检测仪软件要求能够几乎同时完成收发、界面更新等任务,且频率高,对准确度要求高。如果直接使用单线程编程模型,通信模块陷入循环等待中,其他函数无法执行,造成死机。因此,检测仪软件考虑使用多线程技术实现^[16]。

因此,检测仪软件采用了MFC多线程编程方法,建立了收发线程,显示线程,以不同的周期执行,各线程在Windows系统线程调度的安排下,按照其优先级和等待时间被调度,使软件程序自动而流畅地运行。为避免发送数据字的过程中某数据字被其他线程修改,可使用线程同步机制,使得只有收发线程可以访问该数据字。

3)协议编解码技术

检测仪软件解析层接收的界面数据有多种来源:指令等开关量、配置等整型量、工作参数等浮点量等,格式繁杂,相机不好识别。而接收的相机数据也有多种来源:状态信息、存储信息、故障信息、编码方式各自不同,给检测仪软件的识别带来了困难。因此,检测仪软件采用了建立字典的协议编解码方法。

为发送数据建立一套统一的字典,将指令、配置编成不重复的整型数据,将工作指令由浮点数转换为整型数,发送给相机,方便相机识别。发送数据转换表如表2所示。

表2 发送数据格式转换示例

数据类别	原数据内容	转换内容
指令字	开机	0x01
	关机	0x02

配置字	自动传输	0x10
	手动传输	0x11

参数字	LSB:10 ⁻ⁿ	n(十六进制)
	工作参数	整型数据

为收到的相机数据建立一套统一的字典。对相机可能回报的数据,分类建立字典,转换为可显示的文字信息,方便界面显示。接收数据转换表如表3所示。

表3 接收数据格式转换示例

数据类别	原数据内容	转换内容
状态字	0x00	初始化
	0x01	自检

存储字	0x10	存储空
	0x11	存储满

故障字	0x0001	电压故障
	0x000A	温度过高

4.4 软件运行流程

相机开机后,执行初始化操作,随后启动各线程,底层控制层和界面显示层分别定时独立运行。

界面指令和参数在手动点击、设置后立即生效,交由发送数据字生成模块,该模块生成的 ARINC429 协议数据字保存在发送缓冲区中,定时器到达 20 ms 后由发送线程响应函数自动发送。

接收线程响应函数每隔 20 ms 自动接收数据字并将其保存在接收缓冲区中,传递给接收数据字解释模块。该模块由界面显示线程在其线程响应函数中自动调用,并解释成相应的信息显示在窗口中。

在检测仪软件中嵌入了图像显示窗口,通过调用图像解压缩板卡厂家所提供的 API 函数的形式,将相机返回的压缩图像数据解压缩并显示到图像窗口上。

通过如上方式,可以实现需要手动输入的部分根据手动输入实时刷新;需要自动完成的部分交给多线程模型自动执行,共同完成检测任务。软件流程如图3所示。

5 测试与验证

5.1 测试流程

1) 开启检测仪 28 V 直流、115 V 交流电源,给待测相机上电。

2) 对相机进行系统的测试,发送“自检”指令,观察相机上报的状态、故障信息。

3) 测试相机的图像传输链路,发送“图像测试”指令,观察链路是否上报故障,屏幕是否给出测试图像。

4) 发送模拟飞行参数和工作指令,使相机完成预定任务,观察相机的运动工作状态、回传数据和图像。

完成所有测试后,记录测试时间、过程、结果。如果在以上过程中出现严重故障,则停止测试,记录本次检测流程和存在的问题,交由相机设计人员进行处理。测试流程如图4所示。

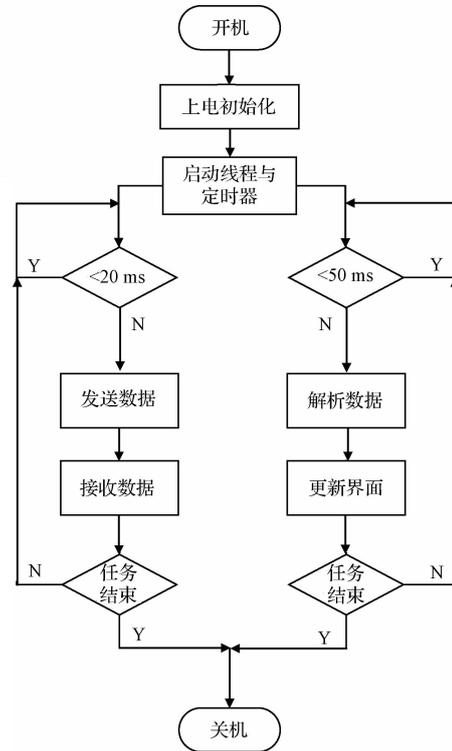


图3 软件运行流程

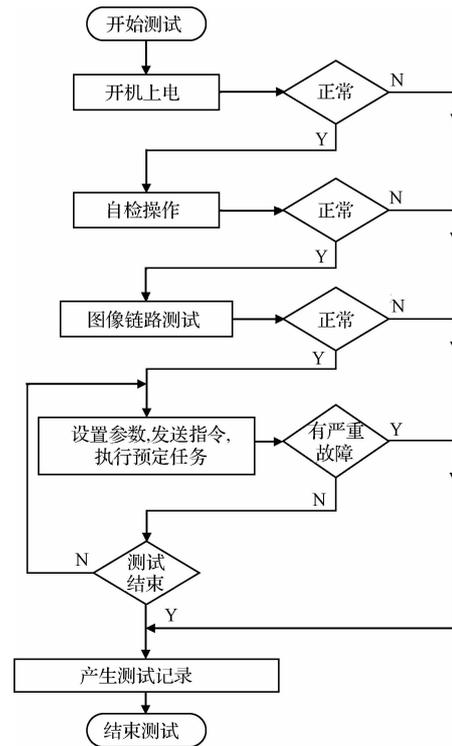


图4 测试流程

5.2 测试结果

根据测试流程,对航空相机检测仪进行了测试。为判读通讯源码,在界面上增加了源码显示窗口,可通过读取源数据判断检测仪和被测相机的通讯是否正常。检测仪

软件运行过程中的图形界面如图 5 所示。



图 5 检测仪界面

将测试过程中检测仪的运行状况和第 2 部分提出的功能需求进行对比,结果如表 4 所示。

表 4 检测仪测试情况表

测试项	测试次数	符合次数
提供指定的供电接口并安全供电	10	10
提供指定的通信接口,速率正常	10	10
满足 20 ms 通信周期,收发无差错	10	10
实时显示状态和故障信息	10	10

通过以上测试,证明了检测仪系统达到了前述的功能需求,可为被测相机提供符合要求的电源输入,提供了所需的通讯和图像接口,在满足协议规定的通讯周期的情况下通讯正常,正确显示了相机上传的图像数据。

6 结 论

根据航空相机的需求,结合先进的人机交互界面技术,设计并实现了一种基于 ARINC429 总线协议的航空相机检测仪系统,给出了系统的软硬件设计方案,提出了适用于该系统的软件架构,论述了软件系统用到的关键技术、程序运行流程,在此基础上说明了软件系统的实现方法。经过详细的测试,证明检测仪系统符合文中提出的系统功能需求,且操作简便直观,有力地配合了航空相机的地面保障任务。不足之处在于,相机设计人员提出检测仪体积过大,界面不够美观,功能有进一步提升空间,将在以后的工程实践中逐步完善。

参 考 文 献

- [1] 修吉宏,黄浦,李军等. 大面阵彩色 CCD 航测相机的辐射定标[J]. 光学精密工程,2012,20(6):1365-1373.
- [2] 管坐攀,王乃祥,徐宁. 基于蒙特卡洛模拟的机载光电平台测角精度分析[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(3):447-453.
- [3] 霍莹. 高光谱 CCD 机载相机检测设备研制[D]. 长春: 长春理工大学,2015.
- [4] 郑久寿,徐昇,刘帅等. 一种多功能航空测试设备的设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2016,24(9):32-34.
- [5] 段洁,段雨晗,孙向阳等. 全景航空相机性能检测系统设计[J]. 红外与激光工程,2014,43(12):3977-3982.
- [6] 郭警涛,杨东亮. 机载新型机电综合管理系统综合检测技术研究[J]. 计算机测量与控制,2016,24(11):5-7.
- [7] 朱崧威,梁志毅,乔永征. 基于 ARM9 的航空相机测控系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2010,18(4):817-819.
- [8] 王锋,高亚飞,周刚等. 基于虚拟仪器的航空相机电路板检测系统[J]. 液晶与显示,2010,25(5):702-705.
- [9] 汪龙祺,阚珊珊,王锋. 一种航空相机机载任务处理系统设计[J]. 国外电子测量技术,2013,32(7):58-61.
- [10] 张杰. 机载高速数据总线技术的应用研究[J]. 电子测量技术,2016,39(6):163-166.
- [11] 郑云飞,张登福,王占领. 基于 PCI 的 ARINC429 总线测试软件设计[J]. 计算机测量与控制,2014,22(10):3442-3444.
- [12] 李寰宇,王勇,刘安. 基于 PCI 的多通道 ARINC429 总线接口卡设计[J]. 电光与控制,2009,16(2):72-74.
- [13] 张小敏. 计算机软件开发中的分层技术探讨[J]. 信息通信,2016,(12):166-167.
- [14] 曾少宁,汪华斌. 基于 MVC 模式的 Web 用户界面建模[J]. 测控技术,2016,35(5):95-100.
- [15] 王鹏飞,王鹏. 基于 Visual C++6.0 的 Windows 应用程序定时器研究[J]. 计算机技术与发展,2013,23(2):44-48.
- [16] 杨珂,宋国堃,赵世平. 基于多线程技术的测控系统软件设计[J]. 电子设计工程,2016,24(16):89-91.

作 者 简 介

叶华,1989 年出生,研究实习员,硕士,主要从事航空相机地面检测方向的研究。
E-mail:yh050108@126.com