

# 空间相机热平衡试验数据采集系统设计

## Design of Data Acquisition System for Thermal Balance Test of Space Cameras

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院) 葛任伟<sup>1,2</sup> 吴清文<sup>1</sup> 江帆<sup>1</sup> 陈立恒<sup>1</sup>  
GE Ren-wei WU Qing-wen JIANG Fan CHEN Li-heng

**摘要:** 基于虚拟仪器软件架构的概念,对空间相机热平衡试验数据采集系统进行了设计与研究。介绍了空间相机热平衡试验系统的组成,阐述了基于 VXI 总线技术的数据采集系统软硬件构成、主要功能和运行过程,利用串口、GPIB 总线技术对电源子系统的控制和数据采集进行了设计。采用典型的局域网构架,利用 LabVIEW 的 datasocket 技术,设计了分布式的数据共享系统。该系统已经成功的应用于某空间相机的热平衡试验中,应用结果表明该系统具有搭建周期短、实时性强、可靠性高等优点。

**关键词:** 空间相机; 热平衡试验; 数据采集; 虚拟仪器

中图分类号: V416

文献标识码: A

**Abstract:** Based on the concept of virtual Instruments Software Architecture, the data acquisition system for thermal balance test of space cameras was designed. The test system, based on VXI bus technology, was described. The hardware and software of the data acquisition system, main functions and operation process was stated. A power subsystem's control and data acquisition system was designed with serial ports, GPIB bus technology. A distributed data sharing system was developed with a typical local area network architecture and LabVIEW shared datasocket method. The application of the system showed that the system is short-cycle developed and it is with real-time, high reliability and some other advantages.

**Key words:** space cameras; thermal balance test; data acquisition; virtual instrument

## 1 引言

空间相机进入预定的轨道飞行阶段后,将面临严酷的空间环境,长期处于高真空、冷黑、热辐射(太阳辐射、行星反照和行星红外辐射)中。为使空间相机能在这些环境中正常工作并达到各设计指标,在研制过程中就必须按照各种试验规范或标准对其进行充分的真空、冷黑和空间外热流环境条件下的热平衡试验。目的是用模拟空间热环境条件下获得的空间相机温度分布数据来校核热设计,考核空间相机热控系统维持组件、分系统和整个相机在规定工作温度范围的工作能力,验证空间相机热数学模型的正确性,评定工作性能、验证飞行性能,由此可见热平衡试验在空间相机研制过程中重要性。

热平衡试验前期准备时间长,各项工作繁杂,试验周期长,试验中出现失误将造成巨大的损失,因此各项准备工作高效、顺利的进行,将能缩短试验周期,保证项目按期完成。数据采集系统作为热平衡试验必不可少的环节,如果设计通用的数据采集系统,应用到以后相机试验中将能缩短准备周期,并降低试验的风险。从数据采集技术来说,随着对仪器智能要求的提高,虚拟仪器技术产生,它是基于计算机发展起来的,其中 LabVIEW 编程软件的图形化的编程语言以及它的强大的功能使得测量与仪器有了新的发展。虚拟仪器系统是对传统仪器系统的重大突破,是计算机系统与仪器系统相结合的产物。因此本文探讨利用计算机强大的软件功能,结合相应的硬件,突破传统仪器在数据处理、显示、传送、处理等方面的限制,搭建了稳定、可靠的通用数据采集系统,以方便快捷的应用在空间相机热平衡试验中。

葛任伟: 博士

## 2 空间相机热平衡试验系统介绍

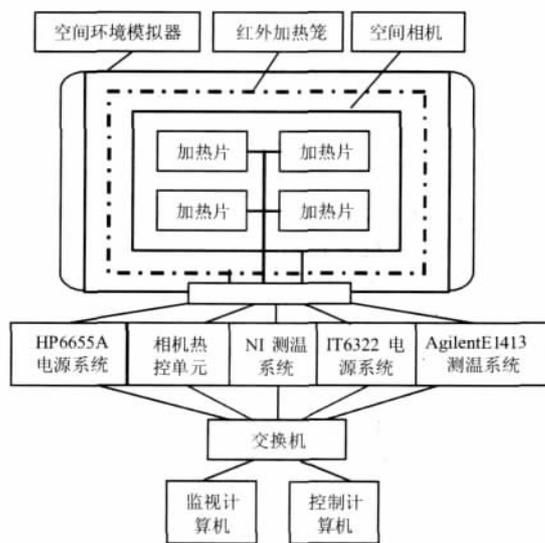


图1 热平衡试验系统示意图

热平衡试验为复杂的实物仿真试验,从总体上讲,由空间环境模拟器系统(俗称“真空罐”)和相机系统两大部分组成,整个试验系统构成如图1所示。真空罐为大型地面仿真系统,它提供真空、冷黑的空间环境,其结构及控制系统复杂,由专业的技术人员负责,在这里不做介绍。按照各个部分在试验中所处位置可以分为罐内和罐外两部分,罐内模拟相机所处的空间环境,罐外为测控及电源供应系统两部分通过穿罐电缆建立连接,进行数据交换。为了真实模拟相机在轨运行真空、冷黑和热辐射的环境条件,必须为相机提供准确的边界输入条件。真空、冷黑环境由真

空温度环境模拟器来提供,入光孔外热流、相机表面的空间外热流以及内热源由红外加热笼及电加热片来模拟。数据采集系统主要包括两方面的内容,一是与温度相关的数据,二是为红外加热笼、电加热片提供功耗的电源的控制与数据读取。温度数据包括标定红外加热笼用热流计数据、热电偶数据和热敏电阻数据,用 Agilent E1413 测温仪系统采集热流计数据,设 64 路、NI 测温系统采集 160 路热电偶和 64 路热敏电阻数据。另外相机热控单元主控程序向相机热控单元发送指令并获得温度、加热状态信息,以及相机热控单元自身的相关数据。电源供应系统负责给红外加热笼及电加热片提供能量输入。红外加热笼需要的电流值较大,采用 12 台 HP6655A 电源系统提供能量;内热源以及电加热片需要多路电源,采用 28 台三通道可编程电源 IT6322 提供所需要的电流。

### 3 基于虚拟仪器的数据采集系统系统设计

#### 3.1 虚拟仪器系统构成

以 LabVIEW 软件为平台虚拟仪器测量技术已经成熟,并在现代测控领域占据重要的位置,成为事实上的业内标准。虚拟仪器由通用仪器硬件平台和应用软件两大部分构成,硬件平台由计算机和 I/O 接口设备构成。热平衡试验中主要采用四种构成方式,参见图 2。其中 GPIB 与串口系统是以 GPIB、串口标准总线仪器与计算机为仪器硬件平台组成的虚拟仪器测控系统;VXI 与 PXI 系统是以 VXI、PXI 标准总线仪器与计算机为仪器硬件平台组成的虚拟仪器测试系统。相机热控单元采集到的数据,由相机热控单元主程序解释并存储数据库,应用程序从数据库中读取并准实时显示数据。

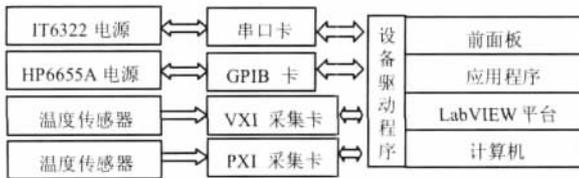


图 2 虚拟仪器构成方式

#### 3.2 温度数据采集系统设计

热平衡试验中需要的温度测点多,为了使系统有更好的适应性,能够适应不同试验的需求,系统可以对 64 路热流计、160 路热电偶和 64 路热敏电阻进行数据采集。热平衡试验中温度数据为渐变信号,而且试验时间长,因此每路采样速率最高设为 1 次/秒,最慢设 1 次/分,对热平衡数据采集要求已经满足。

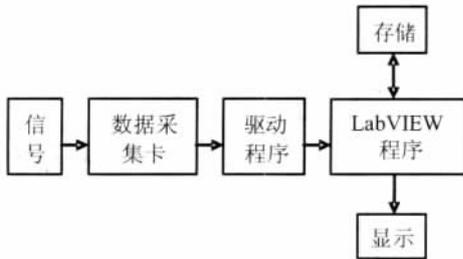


图 3 数据采集基本流

对于每路数据采集的基本流程如图 3 所示:第一,将传感器测量的被测信号转换为电量信号。第二,信号处理电路将传感器输出的电量信号进行整形、转换、滤波处理,变成标准信号。第三,数据采集卡采集信号处理电路的电压信号,并转换为计算机

能处理的数字信号。第四,通过设备驱动程序,数字信号进入计算机。第五,在 LabVIEW 平台下,调用信号处理子模板,编写仪器功能流程、功能算法,设计虚拟仪器前面板。对 64 路热流计数据用 Agilent E1413 测温仪系统进行采集,实现的方法是在 LabVIEW 环境下调用 Agilent E1413 设备驱动程序来实现。160 路热电偶和 64 路热敏电阻数据用 NI CompactDAQ 设备采集,采集到的数据一方面进行实时显示存储,同时通过 datasocket 技术来实现网络共享。相机热控单元采集到热敏电阻数据,以数据包的形式通过 CAN-USB 总线传送给热控单元主控程序,热控单元主控程序根据预先定义对数据包进行解释,存入数据库。主控程序对相机热控单元的数据进行解释并不显示,因此在 LabVIEW 环境下开发程序对数据进行显示。

#### 3.3 电源控制与数据采集系统设计

视相机外表面所吸收的外热流情况,将红外加热笼、电加热片的加热分成若干加热回路,每个回路由独立的电源加热,功率的大小应该按照预先设定的参数由计算机编程自动控制。本系统对 12 台 HP6655A,28 台 IT6322 电源进行控制,电源程序的主要任务是设置和查询操作,在规定的时间内将电源的电压电流值发送给电源,进行设置,并将设定的值查询进行判断、显示,查询值与设定值出现较大误差及时报警。

应用程序将以虚拟仪器软件结构 (Virtual Instruments Software Architecture VISA)为基础进行开发,对于驱动程序、应用程序开发者而言,VISA 库函数是一套可方便调用的函数,其中核心函数可控制各种类型器件,而不用考虑器件的接口类型。VISA 还包含部分特定接口函数,用户可以用同一套函数为 GPIB、RS232、LAN、USB 接口仪器仪表、VXI 器件等各种类型器件编写软件,同时 VISA 可工作在各厂商的多种平台上,可以对不同接口类型的器件调用相同的 VISA 函数,用户利用 VISA 开发的软件具有更好的适应性。程序中采用 SCPI (standard commands for programmable instruments) 命令语言作为计算机与电源通信来完成电压、电流的读取与设置的任务。电源控制程序部分流程如图 4 所示,计算机在指定时间将第  $n$  条电压电流设置指令发送给电源,并在  $t_2$  时刻发送电压电流查询命令,将数据读取回来存储、判断与设计值误差。为了保证设置与查询不发生冲突, $t_2$  的值应与设置电压电流指令不同的时刻。

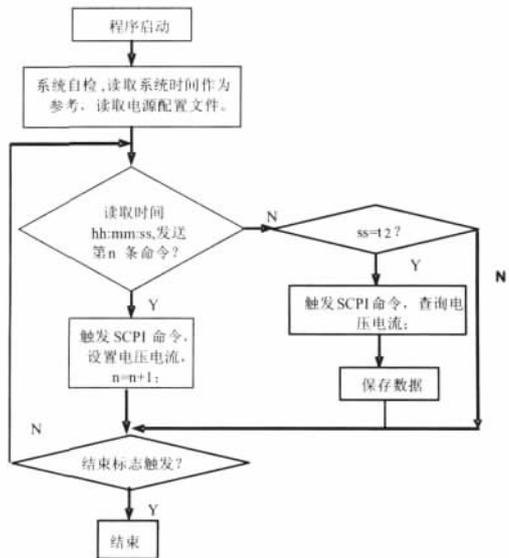


图 4 电源控制程序部分流程图

技术创新

3.4 分布式数据系统

通过局域网把各个部分连接组成网络,实现分布在各计算机上的数据网络化,形成分布式数据系统。网络系统结构如图5所示,各单元均可独立工作,由中央节点和通过点到点链路接到中央节点的各单元程序组成的星型网络,一旦建立了通道连接,可以近似没有延迟地在通道的两个节点之间传送数据。星型拓扑中,单个连接的故障只影响一个设备,不会影响全网,系统的可靠性得到保证;由于每个节点直接连到中央节点,因此故障容易被检测和隔离,网络的安全性得以实现。在星型网中,任何一个连接只涉及到中央节点和一个节点,因此控制介质访问的方法简单,致使访问协议也十分简单,程序上容易实现。

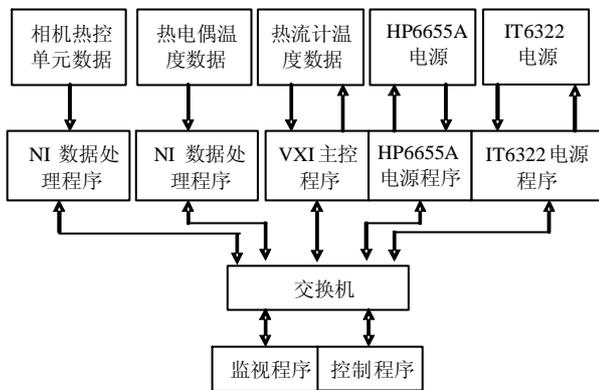


图5 网络系统结构示意图

在具体的设计中各个计算机之间的数据共享通过datasocket技术来实现,datasocket是NI提供的一种编程工具,借助它可以在不同的应用程序和数据源之间传递数据。datasocket可以访问本地文件以及http和ftp服务器上的数据,datasocket为低层通讯协议提供了一致的API(应用编程接口),编程者无需为不同的数据格式和通讯协议编写具体的程序代码,这些数据源可以分布在不同的计算机上。试验中要求各个单元协调工作,各系统必须满足一定的时间同步精度。试验开始各个部分加电源,由控制程序远程同时激活五个程序单元,五个程序单元同时开始运行,保证一定的时间同步性。控制程序启动个部分开始试验时序后,监视程序通过局域网将各单元程序中共享数据读入经处理后显示,操作人员可根据判定条件对其他子单元发送控制命令。

4 结束语

可以看出,以上介绍的基于虚拟仪器概念的分布式数据采集系统方案,简单易行,不论是软件和硬件方案均与具体试验系统无关。通过简洁的软件操作界面控制整个实验的进行。本系统经过试验验证,能够很好满足相机热平衡试验测试的各种要求。另外,经试验验证该系统经简单的修改即可应用于热真空试验,对其他试验也有一定的参考意义。

本文作者创新点:基于LabVIEW虚拟仪器概念,设计了空间相机热平衡试验用数据采集系统,达到了高效,高可靠性的要求,对相似的试验具有参考意义。

参考文献

[1]蒋天伟,关晓丹,李宗睿.基于LabVIEW的Web Server服务开发网络化分布式试验仿真系统[J].华北航天工业学院学报,2005,15(5):16-19.  
[2]庞贺伟,黄本诚,钱北行,贾阳.大型航天器的真空热试验技术

[J].中国空间科学技术,2006,(3):81-85.  
[3]陈锡辉,张银鸿.LabVIEW8.20程序设计从入门到精通[M]清华大学出版社,2007.  
[4]高聪杰,李松岩,徐赫.基于LabVIEW的信号输出与数据采集系统[J]微计算机信息,24,7-1:135-136.  
作者简介:葛任伟(1980-),男(汉族),河南人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,博士,主要研究方向空间相机热试验技术;吴清文(1968-),男(汉族),四川简阳人,博士,研究员,主要研究方向是光学精密仪器的CAD/CAM/CAE,现从事空间光学热控技术研究。

**Biography:** GE Ren-wei (1980-), Gender:Male (Han),Henan Province, Education: Doctor Student, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences Changchun, Major Research area:Thermal Test of Space Cameras. (130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 葛任伟 吴清文 江帆 陈立恒 (100039 北京 中国科学院研究生院) 葛任伟 (Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China) GE Ren-wei WU Qing-wen JIANG Fan CHEN Li-heng (Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039,China) GE Ren-wei  
通讯地址:(130033 长春市经济技术开发区营口路20号A座504室) 葛任伟

(收稿日期:2009.06.25)(修稿日期:2009.7.25)

(上接第78页)

信息工程学院电路与系统硕士研究生,研究方向:编程、单片机、电路设计;王聪(1955-),男(汉族),中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院,教授,研究方向:电力电子与电力传动;赵俊(1979-),男(汉族),中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院硕士研究生,研究方向:计算机监控、嵌入式系统。

**Biography:** LI Ju-guang (1978-), male(han), China University of Mining and Technology, Beijing, master, circuitry and system, Research area: program, SCM, Design circuitry. (100083 北京 中国矿业大学) 李聚光 王聪 赵俊 (050031 石家庄 石家庄经济学院) 李聚光 (China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China) LI Ju-guang WANG Cong ZHAO Jun (Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China) LI Ju-guang

通讯地址:(100083 北京市海淀区学院路丁11号中国矿业大学机电与信息工程学院) 李聚光

(收稿日期:2009.06.25)(修稿日期:2009.7.25)

书 讯

《现场总线技术应用 200 例》  
55 元 / 本 (免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》  
110 元 / 本 (免邮资) 汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室  
微计算机信息 邮编:100081  
电话 :010-62132436 010-62192616 (T/F)

技术创新