

基于PXIe高速同步温度数据采集系统在真空热试验中的运用

邵静怡, 宁娟, 李娜

(北京卫星环境工程研究所, 北京 100094)

摘要:随着真空热试验的发展,原有的真空热试验数据采集系统在采样速率、采集同步等方面已经不能满足试验需求,不能准确的反应试验件瞬时温度采集需求。基于PXIe高速同步数据采集系统在真空热试验中的运用,对真空热试验高速同步数据采集的需求分析,对系统结构、硬件组成和软件进行了详细说明,并对系统的运行效果进行简单分析。

关键词:同步数据采集;真空热试验;PXIe

中图分类号:V416.8

文献标志码:A

文章编号:1006-7086(2018)06-0419-04

DOI: 10.3969/j.issn.1006-7086.2018.06.011

The Development of High-speed Synchronous Temperature Data Acquisition System in Vacuum-thermal Test Based on PXIe Bus

SHAO Jingyi, NING Juan, Li Na

(Beijing Institute of Space Environment Engineering, Beijing 100094, China)

Abstract: With the development of vacuum-thermal test, the original data acquisition system of the vacuum-thermal test cannot meet the test requirements in terms of sampling rate and acquisition synchronization and cannot accurately reflect the instantaneous temperature collection requirements of test pieces. This paper introduces the development of high-speed synchronous data acquisition system in vacuum-thermal test based on PXIe bus. Analyze the requirements of high-speed synchronous data acquisition in vacuum-thermal test, detailed description of the system structure, hardware and software components. And a simple analysis of the system's operating results.

Key words: synchronous data acquisition; vacuum-thermal test; PXIe

0 引言

热真空试验中,试件的数据采集是试验中非常重要的环节,是温度控制的基础,是试件在空间冷黑背景下热特性的判断依据^[1]。目前,大型真空热试验中,由于测量通道较多,一般采用数字万用表搭多个多路转换开关的方式完成数据采集任务^[2]。这种测量方式有效地解决了多通道测量,控制了成本。由于测量单元较少,通道采用串行测量方式,随着通道数量增加,测量时间明显增长,无法反应试验件瞬时温度特性,对温度控制增加了难度,同时数字万用表和多路转换开关均使用继电器,实现测量信号切换和测量通道切换功能,增加了设备故障的概率。

以PXIe高速测量板卡为基础,设计了一套真空

热试验快速数据采集系统,可以完成大型真空热试验的数据采集,并且提高系统的可靠性^[3]。

1 真空热试验数据采集现状分析

目前,真空热试验常用的数据采集方式主要有两种:高精度数字万用表和专用模拟量输入模块(PLC模块等),分别应用于中大型真空热试验和小型真空热试验,两种数据采集方法各有优势。

中大型真空热试验,温度测量点较多,测量精度要求较高,一般使用定制热电偶作为温度传感器,使用高精度数字万用表搭配多路转换开关进行数据采集,采用上位计算机中的软件对仪器进行远程控制、拟合计算、数据记录等功能。同时可为温度控制软件提供反馈点温度,试验过程中控制反馈点可以灵活调整。该方法需要上位机通过通信协

收稿日期:2018-08-09

作者简介:邵静怡(1988-),女,北京人,工程师,主要从事空间环境模拟设备测控系统研制。E-mail:jingyue_yy@163.com。

议驱动仪器设备,速度较慢,一般只有一个或几个测量单元,在测量通道数较多的情况下,须要较长时间才能完成一个周期的温度测量,在温度场变化较快的情况下,无法准确反映试件当前时刻的温度特性。在复杂的网络环境中,容易发生网线连接断开或网络拥塞的情况,使上位机的控制指令无法发送到仪器中,导致控制异常。

小型真空热试验,由于测量通道较少,对测量精度要求较低,一般采用PT100作为温度传感器,使用PLC的RTD模块等完成数据采集。这种数据采集方式速度较快,采集精度较低,AD转换精度一般为12位,用于热电阻等温度传感器的数据采集,不能满足热电偶等小信号数据采集要求。这种数据采集方法局限性较多,在真空热试验中适用范围较小。

因此,需要将高速高精度数据采集引入真空热试验中,满足对复杂试件瞬态温度情况的监测,提高真空热试验的试验能力。

2 高速数据采集系统

2.1 真空热试验高速数据采集需求

真空热试验高速数据采集的信号种类主要有

两种:

(1)热电偶:测量值变化范围为 $-20\sim+20$ mV,采用单线制引线方式,测量精度不低于6位半;

(2)PT100铂电阻:测量值变化范围为 $10\sim 200$ Ω ,采用四线制引线方式。

真空热试验数据采集一般包括以上一种或几种信号类型,测量点的数量从几十到上百点不等。在进行试验数据采集时,采样速度不低于1 Hz,采样速度可调,数据采集软件在完成数据采集的同时,能实时显示、存储数据,并通过测控局域网共享数据。作为固定的数据采集系统,应具有较强的适应性和通用性,能根据试验的具体需求对测量系统进行配置。

2.2 高速数据采集系统结构

真空热试验高速数据采集系统由测量传感器、分线箱、参考点、PXIe采集板卡、计算机、服务器等组成,系统结构如图1所示。

测量信号从真空容器内经穿墙插头引出到容器外,通过分线箱接入测量仪器,再通过以太网将数据传送到总控间计算机进行数据的处理、显示、存储等操作。

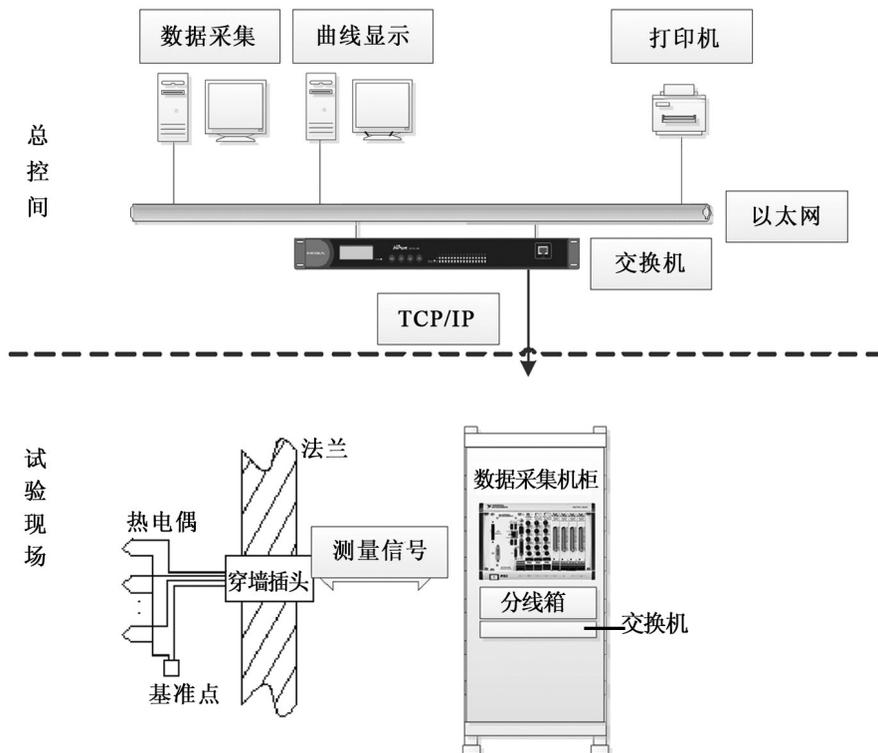


图1 高速数据采集系统结构图

Fig. 1 High-speed data acquisition system structure

2.3 高速数据采集硬件结构

机箱选用PXIe-1062Q,嵌入式控制器采用PXIe-8135,可以支持最多7块PXIe板卡执行数据采集。

数据采集板卡选用PXIe-4353和PXIe-4357两种板卡分别测量热电偶信号和铂电阻信号。PXIe-4353具有32路热电偶采集通道,24位采样精度,最高采样速度为90 S/s/通道,高分辨率采样速度为1 S/s/通道,电压采集量程为 ± 80 mV。PXIe-4357具有20路RTD采集通道,可支持PT100或PT1000的电阻采集,24位采样精度,最高采样速度为100 S/s/通道,高分辨率采样速度为1 S/s/通道。

真空热试验数据采集时,PXIe-4353和PXIe-4357两种板卡同时进行数据采集,传感器信号通过分线箱和接线盒接入采集单元内进行数据采集,采集数据在控制器中进行拟合运算,通过铂电阻计算出参考点温度,反推出热电偶补偿电压,对热电偶实际测量值进行比对计算,得到该热电偶的实际温度。控制器通过以太网与客户端连接,进行通信和数据传输。数据采集过程中以太网意外断开,控制器可独立运行,不影响数据采集,提高了数据采集系统的可靠性。

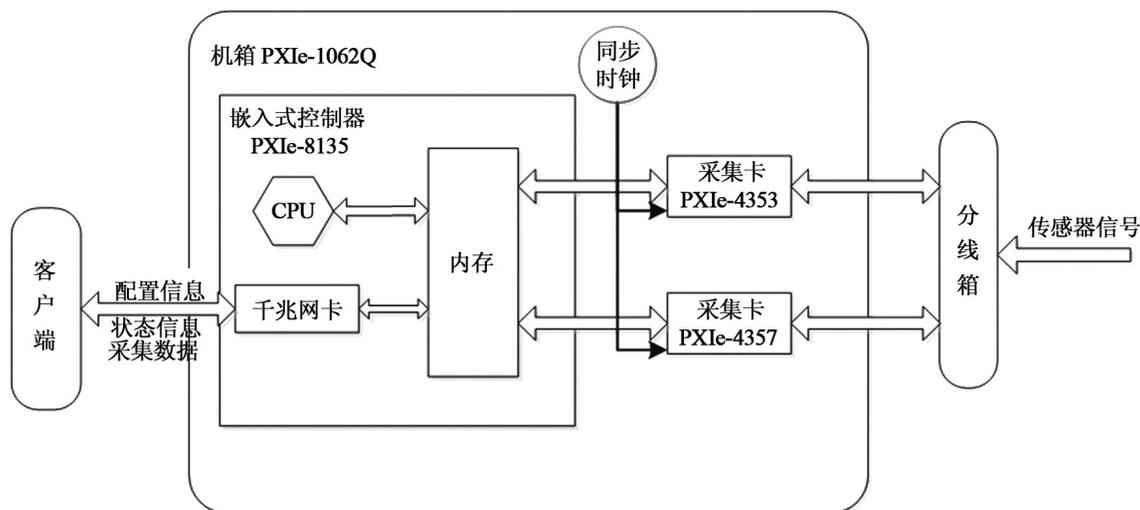


图2 高速数据采集硬件结构图

Fig. 2 High-speed data acquisition hardware structure

3 高速数据采集软件

高速数据采集软件功能独立,对试件瞬时温度进行测量,可以完成铂电阻、热电偶、热流计等多种信号的测量、处理及显示。

3.1 开发环境

软件开发平台使用LabVIEW,系统操作平台为Windows 7专业版,系统运行网络平台为真空热试验测量和热流模拟系统计算机网络平台。

LabVIEW软件是NI公司推出的虚拟仪器开发工具,广泛应用于工业自动化、仪器控制、数据采集及处理等领域,与硬件厂家统一,硬件驱动配置简单、编程方便、缩短软件开发和调试周期^[4]。

3.2 数据采集模块

测量计算机与测量仪器通过LAN方式进行连接。测量软件通过LAN接口发送指令实现对数字测

量仪器的驱动,同时读取测量通道的电压或电阻值,经过拟合公式计算出各测量点的温度值。数据以表格的方式显示在软件界面上,并保存在本地计算机和服务器中。数据采集软件流程如图3所示。

原有的数据采集模块是在每周数据拟合完成后进行一次数据保存,这种方式不能充分利用系统资源,进行低采样率的采集任务是不会有太大影响,但是进行采样率大幅度提升、多通道的同步采集任务时,文件存储速度会对采样的周期可定时造成一定程度的影响。新的采集单元采用双线程工作,如图4所示,一个线程将采集卡缓冲区中的数据放入事先向系统申请好的循环队列中,另一个线程将循环队列中的数据取出并写入本地文件,这样可以实现精确采样定时,每个线程独立占用一个CPU核心。这种方式可高效利用系统资源,适用于高采样率、多通道的同步采集工作^[5]。

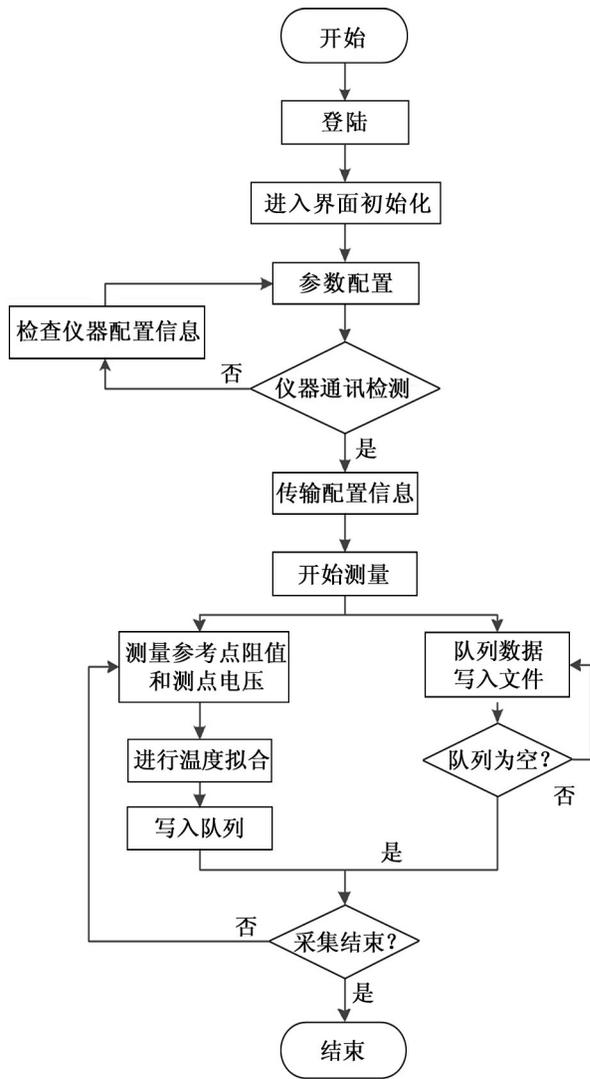


图 3 数据采集软件流程图

Fig. 3 Software flow chart of data acquisition

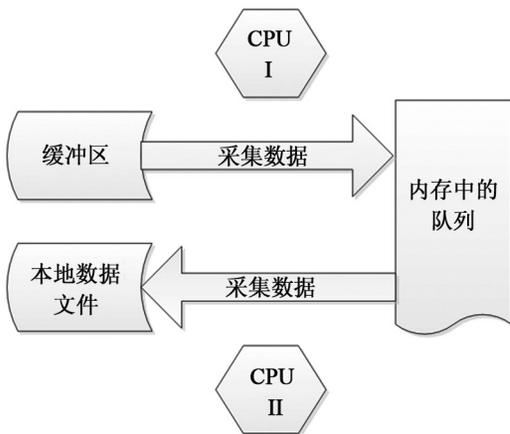


图 4 双线程工作示意图

Fig. 4 Dual-thread working diagram

4 运行效果

该系统现已在多个试验中进行了部署,温度数据采集如图 5 所示,采集速度明显优于原有的数据采集系统,采样频率设置为 20 Hz,可以对迅速变化的温度进行准确测量,可以满足高速数据采集系统的需求。

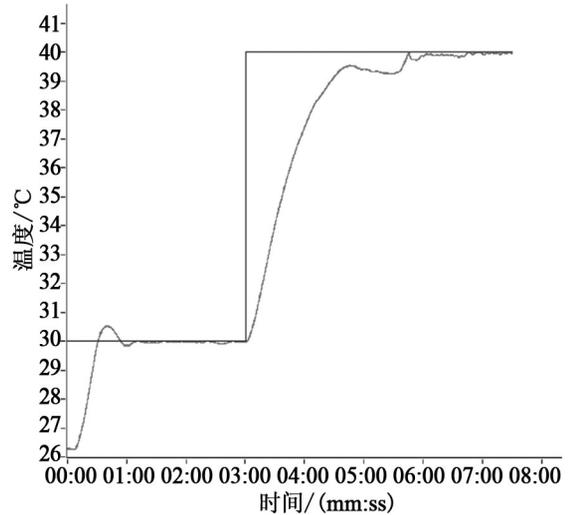


图 5 温度数据采集运行图

Fig. 5 Temperature data acquisition operation diagram

5 结论

数据采集系统作为真空热试验的重要分系统,具有测量数据点多、数据量大、测试信号形式多样、数据精度要求高等特点。运用 PXIe 高速数据采集系统在真空热试验中,该方法满足数据采集系统要求的基础上,同时实现了对被测试验件瞬时温度的测量,可以更准确的反应时间的热特性。该系统经过多台设备的多次试验,系统运行稳定可靠,测量数据准确无误。

参考文献:

- [1] 吴大军. 吉时利 2750 在真空热试验测量系统中的应用[J]. 航天器环境工程, 2006, 23(2): 115-118.
- [2] 黄本诚, 马有礼. 航天器空间环境试验技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [3] 吴晖, 祁晓野. 基于 PXI 和 LabVIEW 的通用数据采集系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(5): 1686-1688.
- [4] 刘玄焯, 杨生胜, 秦晓刚, 等. 基于 PXIe 总线的高速数据采集程控系统[J]. 机电工程, 2018, 32(1): 60-63.
- [5] 宋铭. LabVIEW 编程详解[M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.