

doi: 10.7690/bgzdh.2014.11.015

数字压力控制器远程监控系统研制及应用

黄庆, 谢艳, 蒋鸿, 陈宏涛

(中国空气动力研究与发展中心高速空气动力学研究所, 四川 绵阳 622762)

摘要: 针对风洞试验中数字压力控制器使用管理上存在的困难和隐患, 研制一种 Ruska 7250xi 的远程监控系统。该系统利用 C++ Builder 6.0 开发环境和 RS-232 串口通信, 实现远程控制的标准压力输出和信号采集功能, 方便快捷地完成 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统、压力传感器系统的校验或校准工作。实际应用情况证明: 该系统不仅降低了工作强度、改善了工作条件、提高了工作效率, 而且增强了风洞试验设备运行的稳定性和可靠性。

关键词: 风洞试验; 数字压力控制器; 远程监控系统

中图分类号: TP203 **文献标志码:** A

Development and Application of Remote Monitoring and Controlling System for Digital Pressure Controller

Huang Qing, Xie Yan, Jiang Hong, Chen Hongtao

(High Speed Aerodynamics Institute, China Aerodynamics Research & Development Center, Mianyang 622762, China)

Abstract: Aiming at the trouble and problem in use and management of digital pressure controller in wind tunnel test, a remote monitoring and controlling system for Ruska 7250xi was developed to realize remote normal pressure output and signal acquisition used C++ Builder 6.0 development environment and RS-232 serial communication, which was applied in checkout or calibration for PSI8400 DTC and pressure sensors in a convenient and rapid way. The real application shows that the system not only reduces labor intensity, improves work condition, increases work efficiency, but also enhances the operation stability and reliability of wind tunnel test equipment.

Keywords: wind tunnel test; digital pressure controller; remote monitoring and controlling system

0 引言

数字压力控制器是风洞试验中最常用的基本工具之一。在风洞测力和测压试验中, 气体压力的测量和控制至关重要, 包括风洞运行参数压力的测量和控制、模型表面或特定部位压力的测量、洞体关键部位的压力监控等; 而这些基本的测控功能一般都依赖于电子扫描阀系统和压力传感器系统; 因此, 电子扫描阀系统和压力传感器系统的稳定性和可靠性就成为保证风洞试验安全高效的一个重要方面^[1]。以往风洞试验中, Ruska 7210 数字压力控制器一直只能采用当地面板操作方式。一方面, 在平常使用中必须靠人力搬运到风洞驻室内, 使用完后再搬回测控间, 不仅相当费力, 还容易损坏设备, 并且由于气路安装连接的不一致, 造成设备精度下降; 另一方面, 因为风洞驻室与测控间距离远, 只能采用对讲机喊话的方式进行协调, 不仅造成了工作效率很低, 而且产生了无形的电磁干扰。此外, 还容易产生人为失误。

新配置的 Ruska 7250xi 提供了友好、美观的当地面板操作界面, 精度达到 0.005%FS, 高于 Ruska 7210 的 0.03%FS, 由于 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统和常用压力传感器系统的精度均为 0.03%FS, 所

以, 使用 Ruska 7250xi 能满足校验或校准的精度要求^[2]。笔者考虑研制 Ruska 7250xi 的远程监控系统, 在移植当地面板操作全部功能的基础上, 显著增强设备使用管理方式的信息化和自动化程度, 以有效避免以往当地面板操作方式带来的困难和隐患, 提供舒适友好、快捷安全的使用管理方式。

1 系统硬件组成及连接

数字压力控制器远程监控系统的组成包括: Ruska 7250xi 数字压力控制器、氮气瓶和真空泵、远程监控计算机(包括可执行文件和 RS-232 串口), 以及与设备相连接的电路和气路, 如图 1 所示。其中, 氮气瓶和真空泵为 Ruska 7250xi 提供压力来源, 计算机实现对 Ruska 7250xi 数字压力控制器的远程监控, 而 Ruska 7250xi 提供标准压力稳定输出, 供 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统或压力传感器系统校验或校准使用。

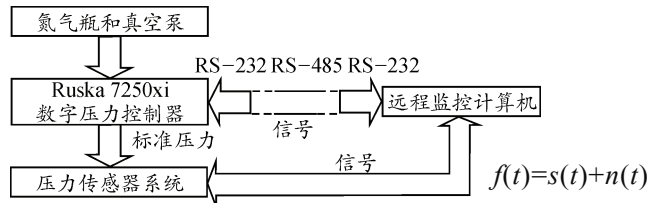


图 1 数字压力控制器远程监控系统

收稿日期: 2014-06-12; 修回日期: 2014-07-18

作者简介: 黄庆(1982—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事通信与信息系统研究。

2 系统软件设计与实现

2.1 软件开发环境

2.1.1 可编程仪器标准命令 (SCPI)^[3-4]

1987 年颁布的 IEEE-488.2 标准只涉及了语法和数据结构连接的消息通信功能层和用公用命令查询连接的公用系统层，主要涉及到仪器的内务管理功能而并不涉及器件消息本身；因此，器件消息的非标准化给编程人员造成很大困难。针对这种情况，1990 年 4 月，诞生了建立在 IEEE-488.2 基础上的可编程仪器标准命令 (standard commands for programmable instruments, SCPI)，主要侧重解决仪器程控和仪器响应中器件消息的标准化问题。对于遵循 SCPI 的仪器或它所覆盖的功能，仪器的程控功能有最大限度的兼容性，这种广泛的兼容性为编程提供了方便。

目前，SCPI 已得到了广泛支持和应用，虽然它建立在 IEEE-488.2 的基础上，但除了应用在 IEEE-488 总线中，还用于 VXI 总线以及串口通信之中，使程控命令和响应消息标准化，提高了仪器的互换性，它的助记符简单明确，可以大大缩短编程时间和便于测试系统程序维护，还能保护用户的软件投资不因测试程序被淘汰而遭受损失。SCPI 给出了 IEEE-488.2 的 13 个必备命令和 400 个以上的 SCPI 选择命令。但每个具体仪器并不需要具备所有的功能而只需选择其中一部分即可。为了使标准化的命令不依赖于具体仪器的硬件，SCPI 给出了可编程仪器模型，如图 2 所示，在图中每一个方框对应于 SCPI 中的一个子系统。这样编程人员不必了解一台仪器实际上是怎样完成具体的功能，只要根据需要选择有关系统的指令即可。有了 SCPI 可编程仪器模型，编程工作就会变得简单方便。

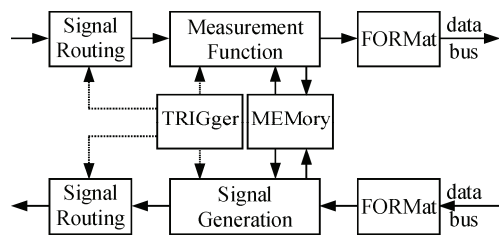


图 2 SCPI 可编程仪器模型

Ruska 7250xi 属于可编程仪器，它支持 2 种接口：IEEE-488、RS-232。2 种接口都支持可编程仪器标准命令 (SCPI)。

2.1.2 RS-232 串口通信

RS-232 接口支持标准的串行通信，用于程控计算机和单台 Ruska 7250xi 数字压力控制器连接。

RS-232 串口通信同时支持 IEEE-488.2 和 SCPI 命令。Ruska 7250xi 数字压力控制器允许串口设置：

Baud Rate: 1200, 2400, 9600, 或 19200

Data Bits: 7 或 8

Parity: Even, Odd, 或 None

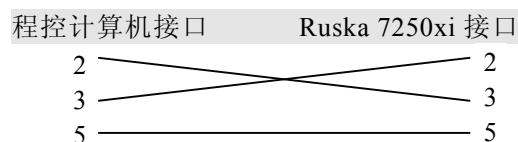
Stop Bits: 1 或 2

Handshaking: XON 或 XOFF

RS-232 接口为标准的 9 针接口位于 Ruska 7250xi 数字压力控制器的后面板上。以下的管脚被用于通信，其他的管脚空置。

Pin #	Direction	Signal
2	In	RXD Receive Data
3	Out	TXD Transmit Data
5	—	GND Ground

实现 RS-232 串口通信必须满足 2 个条件：1) 程控计算机串口设置必须与 Ruska 7250xi 数字压力控制器串口设置完全相同；2) 通信电缆两端的 RS-232 接口管脚连接方式为：



考虑到 RS-232 串口通信建议传输距离为 15 m 以内。为了保证通信的稳定性和可靠性，当数字压力控制器与远程监控计算机之间距离较远时，应分别在 2 个端口将 RS-232 信号转换为 RS-485 信号后再进行远距离传输。

2.2 软件主要功能

根据风洞试验的实际需求，笔者选择在 C++ Builder 6.0 开发环境中应用 C++ 语言设计 Ruska 7250xi 数字压力控制器的远程监控系统。该系统不仅移植了 Ruska 7250xi 当地操作面板的许多优点，且提供了更舒适、友好、快捷、安全的操作方式。

远程监控系统包括使用说明、基本设置、测量模式、控制模式、排放模式、校准功能、运行监测等操作内容，在系统界面主菜单下，各模式或功能分别为其中一个子菜单，对应各自的操作子界面。

2.3 软件技术要点

在系统界面主菜单下，使用说明为用户提供面板的基本介绍和使用方法；基本设置中不仅包括了端口参数的设置，还包括了压力单位、稳定误差带、调节误差带等控制参数的设置，压力单位设置中包括了 kPa、psi、Pa、kg/cm²、bar、%FS 等常用单位选项。压力单位改变后，控制参数会根据不同单位之间的换算关系自动作相应调整。

测量模式包括了压力单位设置、当前测量读数和历史测量读数的实时显示；控制模式包括了控制参数和控制目标的设置、当前压力读数和与目标压力差值的实时显示、压力控制是否达到稳定状态的实时标志。其中，控制参数中的稳定误差带指如果当前目标压力差值小于该误差带，那么将显示稳定状态标志；否则不显示稳定状态标志。调节误差带是指如果当前目标压力差值大于该误差带，那么压力控制器将开始工作以调节气体压力；否则压力控制器将保持暂停工作状态。排放模式是将数字压力控制器与大气相通的一种保护模式，从测量模式、控制模式或校准功能中可以直接进入排放模式。

校准功能中，校准参数的设置包括压力单位、起始压力、步进压力、控制点数、稳定误差带、调节误差带和稳定时间等内容，实时显示包括当前目标压力、当前压力读数和与当前目标压力的差值、已完成点数以及稳定状态标志等内容，在操作上，包括开始、快进和排空等内容，对于某一目标点，其中，校准参数中的稳定误差带和调节误差带与控制参数中的意义相同，稳定时间是指当稳定状态标志持续显示的时间达到该设定值时，系统将弹出对话框提醒用户当前压力状态稳定、可以采集数据。当设定的稳定时间达到后，或者当用户点击快进按键时，系统将弹出对话框提醒用户首先采集数据，而后进入下一目标点。当全部目标点数据采集完毕后，系统将弹出对话框提醒用户设定工作已完成。

运行监测提供了对 Ruska 7250xi 运行状态的监测和错误信息的查询功能。此外，为了提供更加友好的操作方式，笔者为各个模式或功能之间的切换提供了快捷方式，可以点击相应的按键直接切换，而无须回到主菜单重新选择。

3 典型的应用实例

3.1 实时校验 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统

在 FL-26 风洞测压试验中，PSI8400 DTC 电子扫描阀系统是测量系统的核心设备，其性能的稳定性和可靠性对于风洞试验的质量和效益至关重要。考虑到 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统是一套依靠内部压力校准单元 (PCU) 实现自身校准的测压系统，对于系统自身发生故障而无法获取准确压力值的情况，外界无法及时诊断和处理，如果这样的事故发生，会造成试验车次无效的后果^[5]。因此，提供对 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统的实时校验十分必要。

远程监控系统为使用 Ruska 7250xi 提供了优越的条件，在人工参与的情况下使用 Ruska 7250xi 可

以轻松完成多种不同的功能，比如测量容器压力、提供标准压力等等。更有价值的是，PSI8400 DTC 电子扫描阀系统控制平台也是在 C++ Builder 6.0 环境中开发的，很容易将远程监控系统嵌入 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统控制平台之中，作为其中一个功能项目。当该功能项目开启后，利用其校准功能中达到稳定时间后发出的采集信号，作为电子扫描阀系统的自动采集信号，并经过一定的采集时间后进入到下一控制点，待各个控制点数据采集完成以后，再经过数据分析程序，给出自动校验的结果。目前，该实时校验系统已投入日常应用，实际应用情况证明，该系统成功实现了对 PSI8400 DTC 电子扫描阀系统性能实时、自动的校验功能。

3.2 校准压力传感器

风洞试验中普遍使用到压力传感器，比如稳定段总压、驻室参考点静压的测量、大气压力的测量、洞体关键部位的压力监控等。这些压力传感器获取的数据一部分作为试验结果的原始数据，另一部分作为试验参数控制的重要依据。因此，确保压力传感器的稳定性和精准度是试验成功的关键之一。在设备维护期间或试验调试阶段，使用数字压力控制器远程监控系统为各压力传感器提供稳定的标准压力，采用人工参与的半自动方式，或者直接采用自动校准功能，方便快捷地掌握各压力传感器的性能指标并轻松地地完成校准工作。

4 结论

数字压力控制器远程监控系统的研制及其在风洞试验中的应用，有以下意义：1) 加大了设备维护和系统监控的自动化程度，为风洞试验信息化和智能化的发展提供了有利条件；2) 为科技人员降低了工作强度、改善了工作条件、提高了工作效率；3) 增强了风洞试验设备运行的稳定性和可靠性；4) 由于可编程仪器标准命令 (SCPI) 和串口通信的广泛性和普适性，该系统易于推广应用到采用 SCPI 和串口通信的各种可编程仪器。

参考文献：

- [1] 高川, 刘烽, 周波, 等. 某超声速风洞测控系统[J]. 兵工自动化, 2013, 32(2): 63-66.
- [2] Digital Pressure Controller Model 7250xi User's Manual.
- [3] 朱兴邦, 李兵. IEEE 488 与 SCPI 解释[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2007(1):15-16.
- [4] Standard Commands for Programmable Instruments(SCPI), VERSION 1999.0, May 1999.
- [5] 杜宁, 芮伟, 龙秀虹. HNC100 电液智能控制器在 2.4 m 跨声速风洞中的应用[J]. 兵工自动化, 2013, 32(3): 66-69.