

叶轮机流场动态测量用平行多通道高速数据采集处理系统 BHD 200-

北京航空航天大学 熊 璋* 刘旭东 陈望梅 蒋浩康

【摘要】 本文介绍的平行多通道高速数据采集处理系统 BHD 200- 是北航新近建成的低速大尺寸压气机实验和测量系统的一部分, 它的总数据吞吐能力达到了 800kHz, 能够平行地采集多达 16 个通道的信号, 满足压气机动态气流测量的要求。本文介绍了 BHD 200- 的系统结构与原理, 系统的功能与操作, 给出了两个应用实例。

关键词: 压气机 数据采集 动态测量

1 系统结构与原理

整个气流动态测量系统见文献 [1] 中图 5。BHD-200- 是一个平行多通道的高速数据采集处理系统, 由硬、软件两部分组成。其硬件结构如图 1 所示。BHD-200- 在一个主微机 386/DOS 系统 (或其他档次的 PC/DOS 系统) 的控制下工作, 主要的采集软件安装在主微机上, 主微机根据

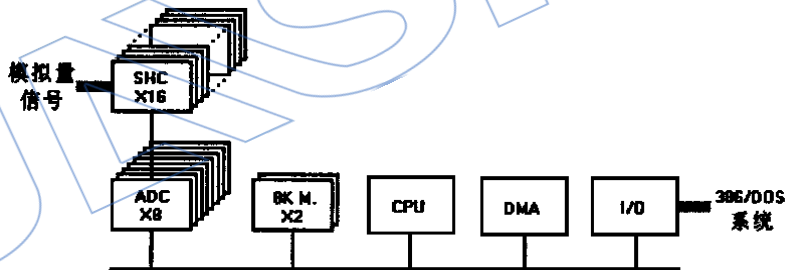


图 1 BHD 200- 的硬件结构

用户的操作向 BHD 200- 硬件系统发出初始化、启动采集等命令及其参数, 并接收采集到的数据。BHD 200- 硬件部分由下列 3 个模块组成: 系统控制模块, 数据缓存模块, 模数转换模块。BHD 200- 硬件系统是一个智能化的子系统, 其系统控制模块中有自己的 CPU, MOTOROLA 的 MC6802, 该 CPU 内有 128 字节的 RAM, 监控程序则装在 EPROM 中。系统模块中还有 DMA 控制器、接口电路与其他控制电路。它通过一个串行通讯口 RS232/C, 接收主微机发送过来的初始化、启动采集等命令及其参数, 产生数据采集、存储所需的各种控制信号, 并利用 DMA 将采集到的数据通过专用并行接口传送到主微机系统。BHD 200- 的数据缓存模块主要由两块 8K 字节存储器和地址自动生成电路组成。系统交替使用这两块存储器, 一块存储器在将接收到的采集数据通过 DMA 传到主微机系统时, 另一块正在接收新的采集数据, 因为 DMA 的传输率比数据采集速率高, 所以工作在接收状态的存储块装满之前, 工作在发送状态的另一块已腾空, 不会丢失采集到的数据。模数转换模块是 BHD 200- 硬件子

系统的基础, 它由 16 片 SHC、8 片 MUX、8 片 12 位的 ADC 和其他辅助电路组成, 主要元件的连接如图 2 所示。模数转换模块包括 8 块同构的采样转换板, 每块板上有 2 片 SHC、1 片 MUX 和 1 片 ADC。当模拟量输入信号为 1~8 路时, MUX 将一路 SHC 固定地连接到 ADC 上, 输入的模拟信号因此能够被同时采样与转换。该系统中 ADC 的模数转换时间为 $4.5\mu\text{s}$, 加上数据传送等操作的时间, 实际上每通道最高采集速率为 100kHz, 系统的总吞吐率为 800kHz。当模拟量输入信号为 9~16 路

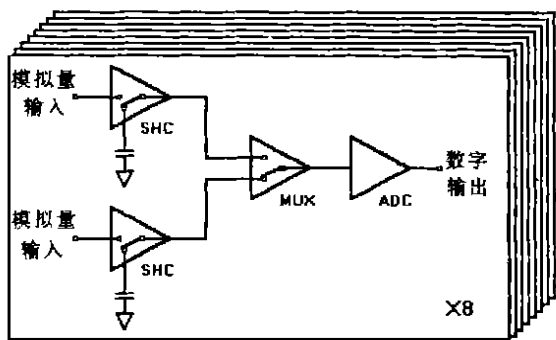


图 2 模数转换主要元件连接示意图

时, MUX 交替地将两个 SHC 连接到 ADC 上, 模拟量输入信号仍然被同时采样, 但转换分两次进行, 每一路的采集速率因此只能达到 50kHz。上述两种情况下, 模拟量输入信号都是被同时采样的, 不同通道的信号之间因此没有相位差, 这是后期信号分析所要求的^[1]。何时启动一个周期的数据采集, 由键盘控制, 也可由外部触发脉冲控制, 即条件采样^[2]。对于周期性信号, 在不同周期的相同相位开始采样, 采集到的多个周期的信号相位是一致的, 可以被平均, 达到消除噪音和随机脉动量的目的, 这种技术被称为同步锁相平均技术^[1]。

2 系统功能与操作

BHD 200- 除了在硬件子系统中有一套监控程序、数据采集控制程序和通讯程序外, 主要的软件是安装在 386/DOS 微机系统上的。老版本的软件已经正常工作了几年, 它是用 FORTRAN 语言与汇编语言编写的, 其主要功能如表 1 所示。主菜单的许多菜单项下还粘连着子菜单, 主菜单中每一项的功能为: (1) Setting parameters, 进入子菜单, 选择起始通道号、采集通道数、采集速率、采集长度、采集周期数和采集方式的参数, 系统中则保存这些参数的一组缺省值; (2) File management, 进入子菜单, 对采集到的文件及其对应的参数文件做存盘操作, 或将原来已将保存到盘上的文件取出来进行后续处理; (3) BHD200 initialization, 对硬件系统作初始化; (4) Data acquisition, 如果系统处于程序控制采集状态, 该命令将启动采集, 如果系统处于外触发控制采集状态, 该命令将使系统处于等待采集状态, 一旦接收到外触发信号, 系统便开始一个周期的数据采集; (5) Display data on screen, 在屏幕上按几种不同的方式显示采集到的数据; (6) Average, 对各通道的数据作算术平均; (7) Sample average, 对每一通道多个周期的信号值按相位一致的规则作平均, 即采样平均, 或锁相平均; (8) Exit to system, 退出系统, 返回到 DOS 状态。除上述软件外, 还研制开发了多套事后分析处理采集数据的软件。为了将各种采集、分析和处理软件集成于一体, 为了提供更友善的用户界面, BHD 200- 的新版本软件充分利用计算机的最新技术, 使系统跟上计算机技术发展的步子。

新版本软件是在 Microsoft windows 3.0 环境下开发的。Ms windows 3.0 是美国 Microsoft 公司 90 年 5 月推出的最新版本的窗口系统, 它一方面为用户提供了更直观的视觉效果与更友善的操作环境; 同时又为应用程序的开发者提供了更实用的开发工具和更方便的开发环境, 这种新的用户和开发者界面是计算机技术的发展时尚和方向。Ms windows 3.0 延伸

和加强了DOS，成为了微机软件的一种新标准^[3]。

表 2 是新版本软件的结构。新版本软件是用 C 语言与汇编语言编写的。程序中各个模

表 1 老版本软件的主要功能

1... Setting parameters
2... File management
3... BHD200 in initialization
4... Data acquisition
5... Display data on screen
6... Average
7... Sample average
8... Exit to system
Select, please...

表 2 新版本软件的结构

MAIN AND INITIALIZATION MODULE FILE MANAGEMENT MODULE DATA ACQUISITION MODULE DATA ANALYSIS MODULE GRAPH MODULE				
MACRO ASSEMBLER	MS C6.0	SDK	APPLICATION	
		MS WINDOWS 3.0		
DOS				
386 MICROCOMPUTER SYSTEM				
SCREEN	KEYBOARD	MOUSE	PRINTER	PLOTTER

块的功能相对独立，并集成在一起协调工作。主函数与初始化模块是窗口应用程序的主程序与初始化代码。窗口系统要求窗口应用程序用 WinMain 作程序入口，相当于非窗口应用程序的主程序。在 WinMain 中，首先作初始化，声明肖像、光标、背景和菜单等，然后进入消息循环^[4]。

文件管理模块是一个通用的文本文件编辑器。对于文件而言，有创建、打开、保存、检测与转换等操作；在编辑器里，有文字插入、删除，屏幕滚动等操作。数据采集模块包括采集参数的设置及保存、硬件初始化、运行和显示 4 个部分。采集参数的设置类似如老版本软件的功能 1，采集参数有：起始通道、通道数、采集速率、数据长度、周期数和采集方式。为了满足不同的需求，该模块提供了单步采集、单步写、连续操作、运行前一位置 and 运行后一位置等运行方式。显示功能则是将采集到的数据送到文本编辑器中进行显示。该模块因为要访问和控制象 D M A 那样的硬件，所以某些功能是由汇编语言实现的。数据分析模块对采集到的数据进行分析与处理，其中包括：求极值、算术平均、采样平均、标准偏差和单纯平滑等。其他更复杂的数据分析与处理功能也很容易集成到整个系统中。图形显示模块可以显示对应数据的波形图与统计数据的直方图，三维曲线图、等值线图 and 速度矢量图也都可以集成到该系统中。在 M s w i n d o w s 3 . 0 环境下的新版本软件除了有更高的速度外，其他分析与处理软件，如特殊的数据分析程序和特殊的图形程序都很方便地集成为一体；显示更加直观；操作更加容易。图 3 是进入该系统后的主窗口。主窗口内左边的子窗口是文本文件编辑窗口，采集数据可以在该窗口内显示，右边是图形显示子窗口，显

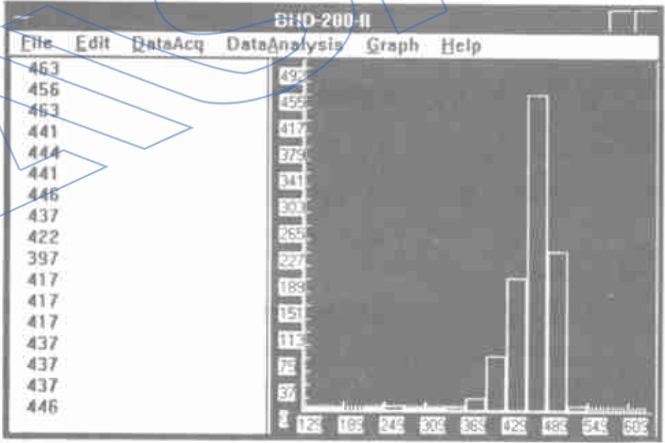


图 3 BHD 200- 主窗口

示。图 3 是进入该系统后的主窗口。主窗口内左边的子窗口是文本文件编辑窗口，采集数据可以在该窗口内显示，右边是图形显示子窗口，显

示各种图形。

3 应用实例

图 4 是应用该系统配合双斜孔高频压力探针作测试时, 探针的上孔感受压力的电压输出, 图中显示出四个多叶片通道, 其中电压值急剧变化处对应于尾迹, 图中 (a) 为 15 周采集信号, (b) 为锁相平均后的波形^[5]。

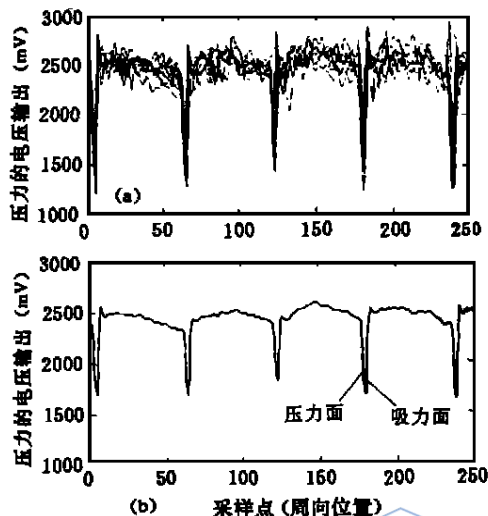


图 4 高频压力探针测试的结果 (锁相平均前后)

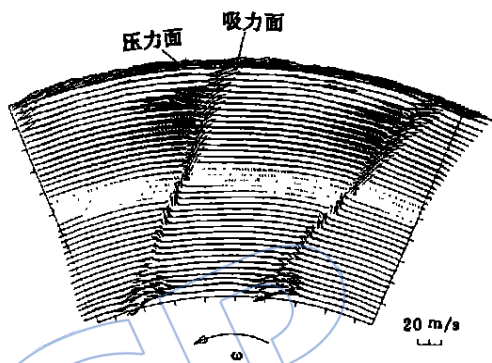


图 5 转子出口相对速度矢量分布

图 5 是利用该系统与单斜热丝测出的压气机转子出口相对速度矢量分布, 包括两个叶片通道, 从图中可以看到尾迹气流明显的径向速度、叶根角隅区的分离流和叶尖区的旋涡^[6]。

4 结 论

BHD 200—平行多通道高速数据采集系统经过几年的使用与不断的发展, 满足叶轮机内气流动态参数的测量和多通道、平行 (无相差)、高速和大数据量的要求, 其性能指标和功能至今与国外商业化的同类产品相比仍属高者, 该测量系统与旋转四坐标全电动探针位移机构、一个系列的先进的高频压力探针、热丝和三维动态测量技术一起, 为我国压气机内复杂流动的研究跻身于国际先进行列准备了坚实的物质和技术条件^[1]。

参 考 文 献

- 1 蒋浩康等. 研究转子内流动的大尺寸轴流压气机试验装置和动态测量技术. 航空动力学报, 1992, 7 (1): 1~8
- 2 熊璋, 陈望梅. IF A200 与 IBM-PC/XT 联机使用技术. 计算机应用, 1987, (4): 16~19
- 3 熊璋. Microsoft windows 3.0 及其使用. 中国计算机用户, 1991, (1): 60~64
- 4 熊璋. Ms windows 3.0 程序设计. 中国计算机用户, 1991, (9)
- 5 罗四鹏. 叶轮机转子出口相对流场测量: [硕士论文]. 北京: 北京航空航天大学, 1987
- 6 Li Y C, Jiang H K, Xu L. Measurement of Three-Dimensional Unsteady Flow in Turbomachines Using a Single Slant Hot-wire. Proceedings of Intern. Conf. on Fluid Dynamic Measurement and Its Applications, 1989, Beijing, China, pp. 290~295

A PLATINUM- FILM RESISTANCE TEMPERATURE PROBE FOR UNSTEADY FLOW MEASUREMENTS

Peng Jian, Jiang Haokang

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

ABSTRACT

A platinum-film resistance temperature probe has been designed. Steady tests show that the linearity error of the probe is less than 0.5%. The thermal response of the probe has been checked by both shock tube and high frequency hot jet. It is shown that the frequency response of 6 kHz can be expected. According to heat transfer analysis, the thermal properties and the size of the base bar are the main factors of the effect on thermal response of the probe. The probe has been successfully used for measuring rotating stall signals of a single stage transonic compressor. The study shows that the film resistance temperature probe features high frequency response, fine linearity, high sensitivity and ease to use, so it has a bright prospect in application to unsteady flow measurements.

A PARALLEL MULTI-CHANNEL HIGH-SPEED DATA ACQUISITION SYSTEM BHD-200- FOR DYNAMIC MEASUREMENT IN TURBOMACHINE

Xiong Zhang, Liu Xudong, Chen Wangmei, Jiang Haokang

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

ABSTRACT

A parallel multi-channel high-speed data acquisition system has been designed for dynamic flow measurement in turbomachine. With the swallowing and spitting capacity of 800 kc/s in all, the system can parallelly sample and process 16-channel signals. The structure, principles of operation, function and operation of the system are described in detail and two typical application examples are given.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON CONDITION MONITORING AND FAULT DIAGNOSIS

Yang Leping, Chen Qizhi, Wang Kechang

(National University of Defense Technology)

ABSTRACT

A micro-computer system is introduced for condition monitoring and fault diagnosis in the ground testing of a throttling liquid rocket engine. The system presented is capable of monitoring all conditions of the static and dynamic performance parameters of the tested engine under each condition. According to the original data and curves provided by the monitoring system, it is possible to realize fault diagnosis for the throttling liquid rocket engine system in ground testing. The corresponding testing data and curves are presented in the this paper.

THE MECHANISM OF LIQUID-COOLING OF VANE IN HIGH-TEMPERATURE TURBINE

Liu Dezhang, Liu Minhou, Wu Weidong

(Nanjing Aeronautical Institute)

ABSTRACT

In this research kerosene is used as coolant instead of water in the respect of identical and distinct properties. The heat transfer coefficient along full flow path