

# 激波风洞中的高速数据采集分析系统

杨海升 袁生学 翟曼玲

(中国科学院力学研究所)

力学所的激波风洞、炮风洞、激波管等设备自八十年代初从国外引进一套高速数据采集、分析系统后,一改过去试验数据由多台示波器照相,靠人工判读、计算的落后方式,不仅节省了人力、大大提高了效率,而且记录的精度由过去的7%左右提高至小于1%。圆满地多次完成了各种测压、传热、

天平测力等常规测量任务,而且在压力传感器的动态特性分析、电磁开关延时特性分析、传输特性分析、喷嘴射流效率特性分析、大型设备的振动特性分析、噪声特性分析等方面做了不少工作。

现将该系统的特点及我们用该系统所做的工作作一些介绍。

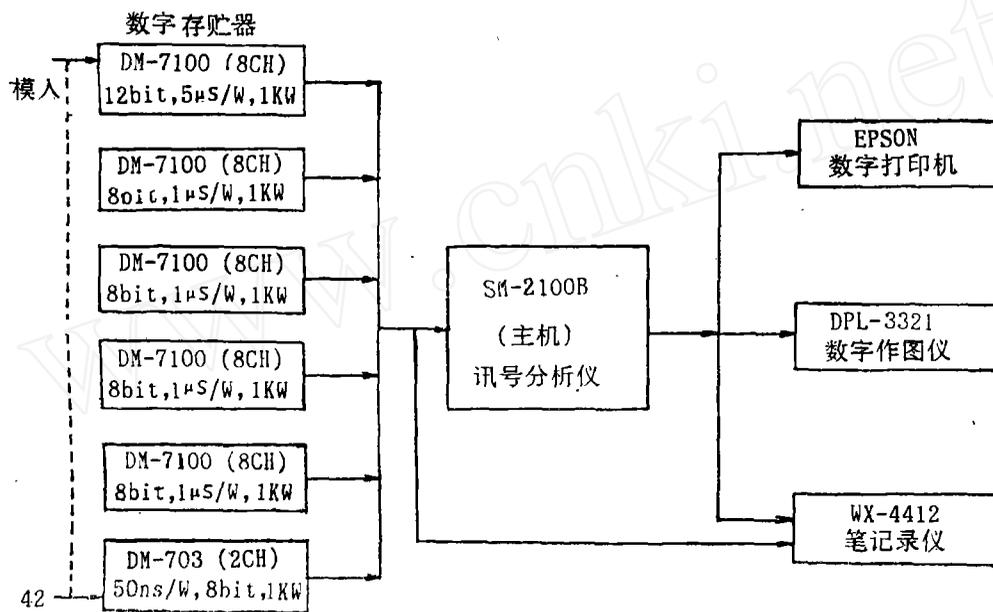


图 1

(上接第4页)

5. 故障报警程序 在发酵过程中所采集的参数有异常情况或者需要人工改变发酵条件时,程序自动报警,直到实验者排除报警程序继续执行。

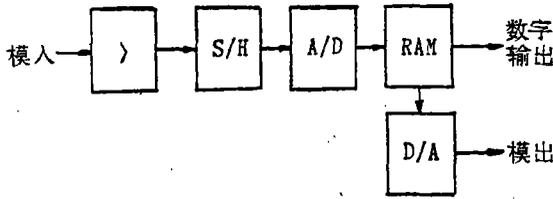
## 二、结果与讨论

MF128S的DDC系统建立后已应用到谷氨酸发酵过程控制实验中并得到较好效果,证明系统运行可靠。比表1中的I、II代设备有更强的控制功能,并且可以随着传感器的增配进一步扩充控制回路。通过RS232接口与IBM PC连接则能够实现动态模型化控制等高级控制,因此其功能接近ML-4100。

## 一、系统构成

如下图所示:

本系统有42个彼此独立的信号输入通道,每个通道的内部结构为:



模入范围为 $\pm 0.1\text{V/F.S.}$ — $\pm 200\text{V/F.S.}$ ,可同时记录42个讯号,并将讯号存入各自的RAM中。待试验之后,将这42个讯号分别调入主机中进行显示、复制曲线及进行各种分析、计算。所谓复制曲线即将讯号显示于荧光屏上进行示波照相,或由记录仪、数字作图仪画在记录纸上,还可将讯号存在软磁盘上以备日后查找及调出。

可见,在高速数据采集系统中,一般不采用象低速情况下的巡回检测方案。在巡检方案中,若干个模入通道经一个多路调制器而共用一个A/D,成本较低。但若采样速率提高时,多路调制器的工作速率将跟不上。因此在高速的情况下,只能采用多个模入通道彼此完全并行独立,各用各的A/D, RAM等,成本将提高,但在LSI及VLSI及技术高速发展的今天,集成电路的成本大大减少,系统的价格下降,确为一个切实可行的方案。

## 二、系统功能

对待测讯号通常进行以下几个方面的工作。

1. 波形的显示、存贮 必须首先捕捉到待测讯号,在荧光屏上显示,并进行硬件复制、存贮。

2. 波形的分析 了解波形的上升、下降

时间、脉冲宽度、在给定点的峰—峰电压等。

3. 波形的统计分析 了解波形的直流偏置,在某段时间区间的平均值、峰—峰值、有效值等。

4. 波形的频谱分析 对讯号不只从时域上进行分析,亦从其频域上进行研究,了解其频谱成分(线性谱)、波形中的能量分析(功率谱)。

5. 相关分析 研究讯号间联系规律。

本系统之主机(SM-2100)本身有二个模入通道,其模入动态范围为 $\pm 0.05\text{V/F.S.}$ — $\pm 200\text{V/F.S.}$ ;最高采样速率为 $2.414\ \mu\text{S/W}$ 、字长为12bit、数据长为4kW,并有5"软盘供存贮讯号之用,可带外设打印机、作图机等,构成一完整系统。当需要多通道模入时,可通过接口与外部多点数字存贮器相连。

主机在记录、分析讯号时,可提供矩形窗、汉宁窗、海明窗及低通滤波器。

主机实质上是一台微机,但它的功能主要不在于进行数值计算、科学计算和工艺过程的控制,而在于对讯号进行捕捉、显示、存贮,进行各种波形分析、统计分析、频谱分析。是一台可在各个领域广泛使用的讯号分析仪。

该机备有可移动之光标(CURSOR),可用手动或程序控制其移动,以读出波形上任一点的幅值、时间值,利于进行波形分析、统计分析等。

此机还有加、减、乘、除、微分、积分、平均等功能键,可进行波形分析、统计分析;备有线性谱(FFT)、自功率谱(AUTO PW)、互功率谱(CROSS PW)、自相关(AUTO CORR)、互相关(CROSS CORR)等键,可进行频谱分析和相关分析;备有传递函数(TRNS F)、相干函数(COH F)键,可研究一个等效为四端网络的诸如机械系统、传输器、滤波器、扬声器等的特性。本机已将各种运算程序固化写入在硬件上,故使用很方便。

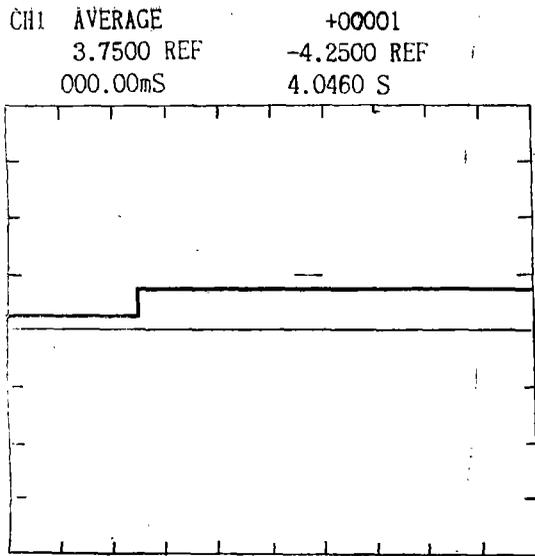


图 2

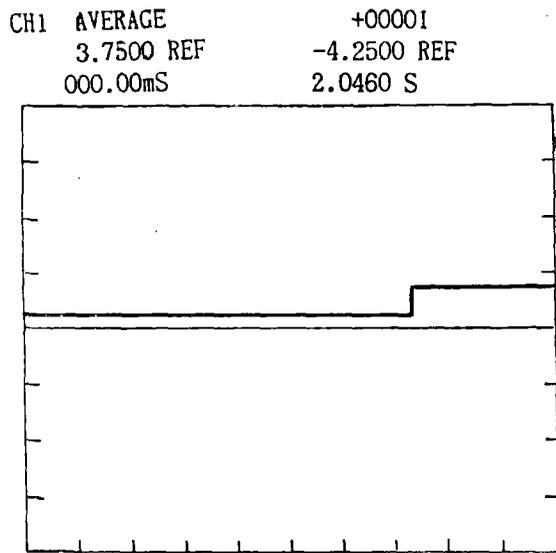


图 4

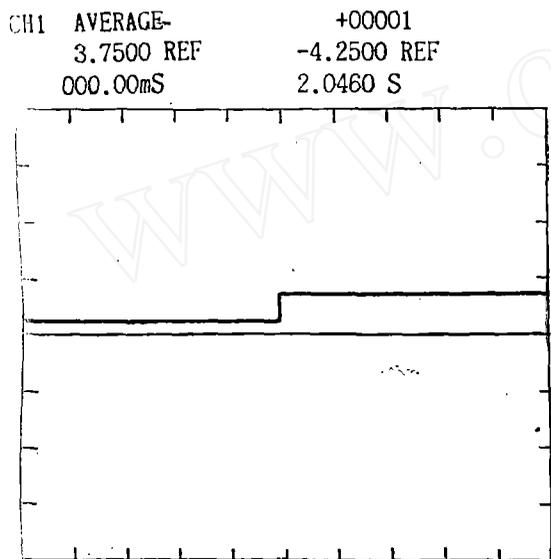


图 3

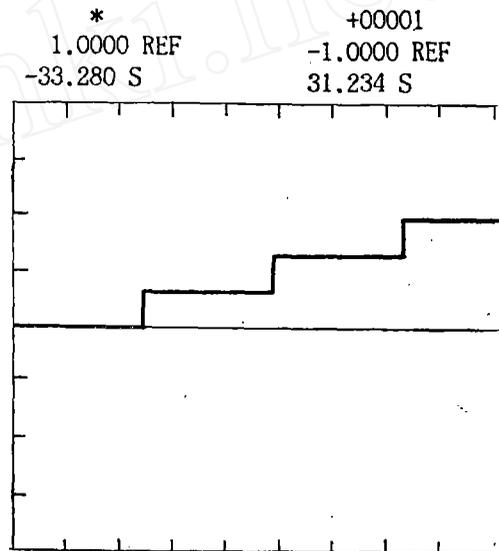


图 5

此机还备有键盘，用BASIC语言，可输入自编程序，或将各功能键进行各种组合，进行不同的分析、处理。

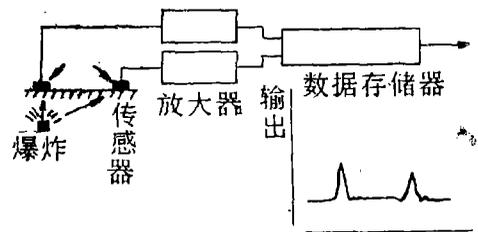


图 6

### 三、几个应用之例

1. 信号的相加与平均 图②、图③、图④为输至主机的三个阶跃讯号。图⑤为将此三个讯号相加并除以“3”后得出的波形。

以下示出了所用的程序：

OK

\*LIST

- 1 ADD 56
- 2 ADD 67
- 3 CLEAR 88
- 4 SET DATA 88
- 5 DIV 87
- 6 END RUN

OK

\* +00001  
399.99mREF 610.00 S  
000.00mS 5.1150mS

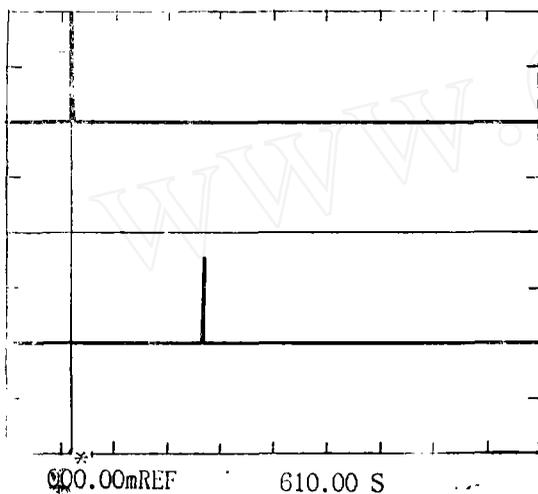


图 7

2. 用互相关 (CROSS CORR) 求激波速度 图6为方框图及示意图。图7、图8示出用移动光标法读出两脉冲的时间间隔为1.8856ms 减去0.6100ms 即1.275ms。

图9示出用CROSS CORR运算直接得出二脉冲间隔为1.275ms。可见用 CROSS

CORR要方便些。进而将此时间除以二探测点的距离可得出爆炸波的传播速度。

3. 对讯号进行谱分析 图10为一50周的干扰讯号。图11为其线性谱 (FFT)，图

\* +00001  
000.00mREF 1.8850mS  
000.00mS 5.1150mS

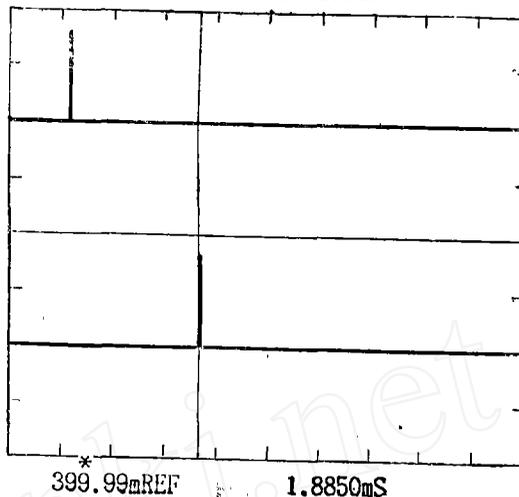


图 8

CROSS CORR +00001  
4.9781mREF 1.2750mS  
2.5600mS 2.5550mS

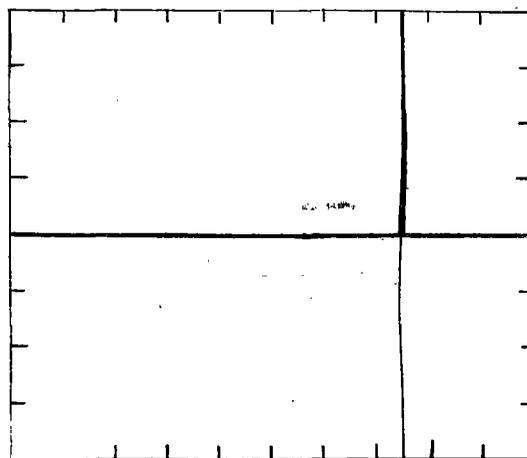


图 9

CH1 AVERAGE +00001  
 125.00mREF -125.00mREF  
 000.00mS 153.80mS

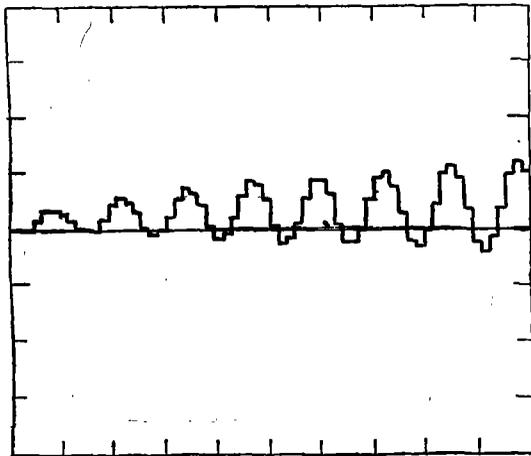


图10

CH1 FFT +00001  
 125.00mREF -125.00mREF  
 000.00mHZ 102.00 HZ

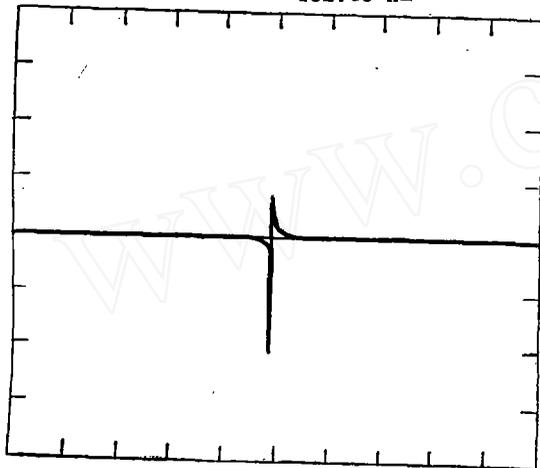


图11

12为其自功率谱 (AUTO PW)

我们在对某一喷嘴形成的喷气射流进行分析或对某一设备产生的噪声进行分析时,就采用此种方法。讯号看起来很乱,但在频域上看有一定的规律,它的频率成分(能量分布)在某些频率或频段上,使我们能对此讯号作深入的了解。

#### 4. 测量系统的传递函数 (TRNS F)

利用传递函数可研究物体的机械阻抗、伺服

AUTO PW +00001  
 3.9062mREF -3.9062mREF  
 000.00mHZ 102.00 HZ

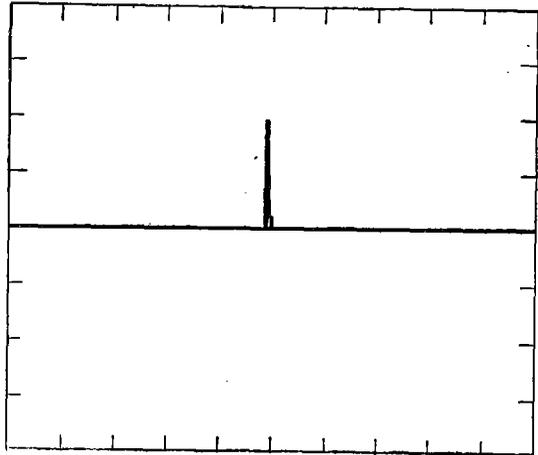


图12

系统的频率响应、滤波器特性等。

主机可将分析结果以奈奎斯特图(以实数、虚数形式给出结果)、波特图(以幅频曲线、相频曲线给出结果)、尼可尔图(以极坐标形式给出结果)这三种方法给出结果。

图13示出了我们欲将一放大器与本系统之连线长度达80米时,因长线传输,不知其高频特性将受多大影响而作的试验。结果如下表:

表1

电缆长度	衰减1dB时截止频率	衰减0.02dB时截止频率
1m	350KHz	40KHz
40m	200KHz	20KHz
80m	130KHz	10KHz

可见,当所研究的讯号的频率成分低于10kHz时,电缆长度即使为80米,也不致引起失真(衰减量<1%)。

当然,用研究阶跃脉冲加入时看上升前沿的变化也可推出高频特性。

图14为某一滤波器(二阶系统)的波特图。示出了该滤波器的幅频特性和相频特性。

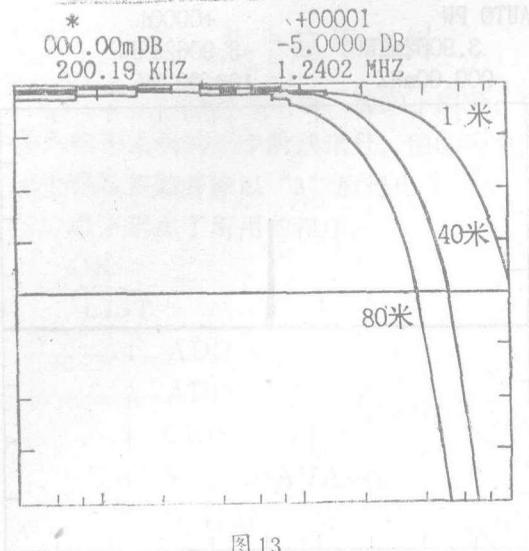


图 13

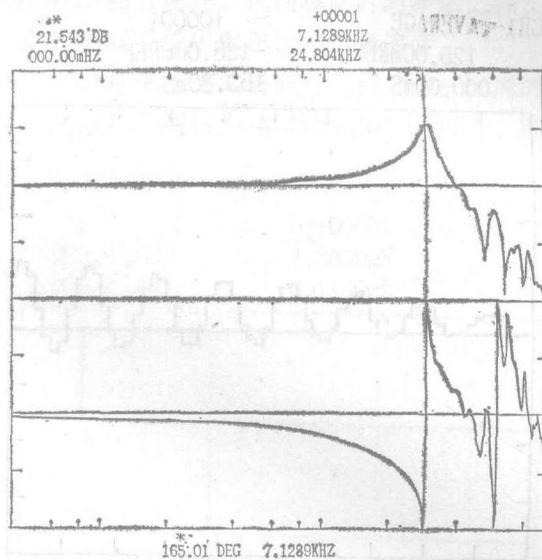


图 15

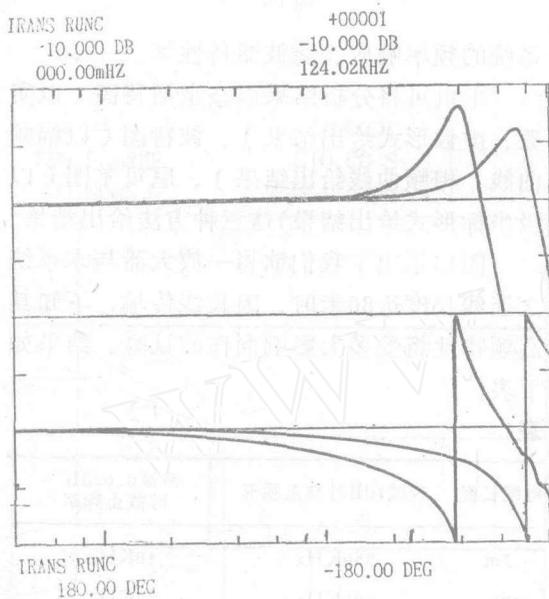


图 14

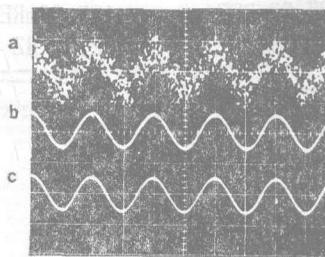


图 16

图15为BYY-3型压力传感器的幅频、相频特性。由图可见，其自振频率为7.1289 kHz（图中Y轴 $\pm 40$ dB，频率分辨率为98 Hz）。

#### 5. 信号的平均化 (Averaging) 处理

当一规律讯号中迭加了无规则的噪声讯号时，可将此讯号反复迭加并除以迭加的次数，则规律讯号不变，噪声讯号随着迭加次数的增加而趋于零。

进行N次相加平均后，讯号的讯噪比S/N将改善 $\sqrt{N}$ 倍。

图16中，(a)为原始信号、(b)为平均256次后的结果，(c)为平均1024次后的结果。

#### 6. 信号的平滑 (Smoothing) 处理

当一单次讯号上有“毛刺”时，主机还可编一程序，除去讯号上的“毛刺”（高频噪声），使曲线变得平滑。