

## SBKZ-Ⅱ型水泵测试控制装置 与计算机组成的水泵性能测试系统

朱志竟<sup>①</sup>

李世煌

(中国农业大学电子电力工程学院) (中国农业大学水利与土木工程学院)

**摘要** 研制出 SBKZ-Ⅱ型装置与计算机组成的水泵性能测试系统。该系统硬件配置比较简单,能完成水泵性能的自动化测试。系统测量重复性及测试精度分析表明,该系统硬件和软件工作可靠,操作方便,测试精度可达 GB3216—89B 级标准。

**关键词** 水泵; 测试; 自动化测量

**中图分类号** TP274.2; TH31

### Measurement System Constituted by SBKZ-I Unit and Computer for Pump Characteristic Test

Zhu Zhijing

(College of Electronic and Electric Power Engineering, CAU)

Li Shihuang

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, CAU)

**Abstract** A measurement system for pump characteristic test, which is constituted by the SBKZ-Ⅱ unit and a computer, has been researched. With the simple hardware, pump characteristics can be tested completely and automatically by this system. The repeatability of the measuring curves and the accuracy analysis of data have been shown that the hardware and software of the system is reliable in working and convenient in operating. The measurement accuracy could arrive at the accuracy level B, GB3216—89.

**Key words** pump; testing; automatic measurement

我国的水泵性能测试系统有 2 种类型:一种是 70 年代研制的以单板机为核心外加许多分立元件组成的测试系统;另一种是 80 年代以来采用智能型测试仪器或标准化仪器与计算机组成的测试系统<sup>[1]</sup>。前者自动化程度不高,大部分已经瘫痪,后者由于造价较高,广大中小型水泵厂难以接受;因此研制一种能满足教学、科研和生产要求,造价低、操作简便、自动化程度高,且能适应多种传感器信号的水泵自动化测试系统已是当务之急。笔者研制出 SBKZ-Ⅱ型水泵测试控制装置与计算机组成的水泵性能测试系统,其运行结果表明,该系统原理正确,运行稳定可靠,操作简便,自动化程度高,可按水泵测试 GB3216—89B 级精度标准完成型式试验、汽蚀

收稿日期:1997-02-20

①朱志竟,北京清华东路 17 号中国农业大学(东校区)69 信箱,100083

试验和出厂试验。

## 1 测试系统的构成及工作

SBKZ-Ⅱ装置与计算机组成的水泵测试系统框图如图1。系统中采用IBM486计算机和EPSON-150型打印机。各传感器的信号经SBKZ-Ⅱ装置处理,转换成标准信号传输到PC总线,计算机对被测信号进行分时采样,实现对水泵

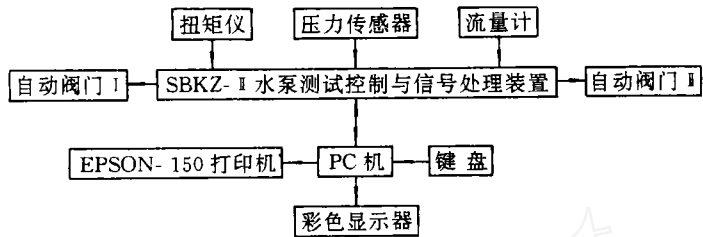


图1 系统框图

性能参数流量、水泵进出口压力、转矩和转速的自动化测量。测试人员通过键盘对自动阀门进行远程控制,可方便地选择水泵测试工况点进行测试或者判定测试结束。每一工况点各参量的测试数据及时显示在屏幕上。一旦测试人员认定测试结束,打印机将按规定格式打印出所有测试数据;将各测试数据换算成标准转速后自动打印性能曲线。若需鉴别制造和设计质量,计算机将按椭圆规则自动判别被试水泵是否符合要求。

## 2 传感器选用

### 2.1 流量传感器

80年代机械工业部推广采用涡轮流量变送器来测流量。这里采用上海自动化九厂生产的LW型涡轮流量变送器,它输出频率 $f$ 与被测液体的流量 $Q$ 成比例的电脉冲信号,可用 $Q=f/K$ 表示其关系。式中 $K$ 为涡轮流量变送器的平均仪表常数,每一个涡轮流量变送器的 $K$ 值都不相同。 $K$ 值由键盘植入计算机流量测试程序中,可见只要测得电脉冲频率 $f$ ,即可测得流量 $Q$ 。

### 2.2 压力变送器

我国现行的水泵性能测试系统一般采用西安仪表厂生产的1151型电容式压力变送器来测取水泵进出口压力。该压力变送器精度高,价格也高,但易与A/D转换器接口。SBKZ-Ⅱ配置有VCVS高阶低通有源滤波电路,具有较强的滤除噪声和干扰的能力,因此这里除采用1151型电容式压力变送器外,还采用价廉耐用但信噪比较低的YSH-3型霍尔压力变送器。后者可输出0~20 mV的直流信号。

### 2.3 转矩转速传感器

对于水泵的转矩和转速测量,水泵试验国家标准推荐采用转矩转速传感器。这里采用上海第二电表厂生产的ZJ型转矩转速传感器。该传感器输出2路近似正弦波的电压信号 $U_1$ 和 $U_2$ , $U_1$ 和 $U_2$ 的相差变化量与传感器弹性轴传递的扭矩成正比, $U_1$ 和 $U_2$ 的频率与转速和传感器齿轮齿数的乘积成正比,因此只要测得 $U_1$ 和 $U_2$ 的相差变化量及它们的频率即可测得转矩和转速。

## 3 SBKZ-Ⅱ硬件配置

基于PC总线虚拟仪器结构的SBKZ-Ⅱ装置充分利用计算机本身的资源,其硬件配置仅

考虑完成一些必要的原始数据的采集,虚拟仪器的功能由软件来体现<sup>[2]</sup>,水泵性能参数的测量最终通过软件实现。

SBKZ-Ⅱ设置了2个8031单片机最小应用系统<sup>[3]</sup>:一个用来测取涡轮流量变送器电脉冲频率;另一个用来测取转矩转速传感器输出的2路信号 $U_1$ 和 $U_2$ 的相差。2个单片机系统主要使用的是8031芯片本身的资源,在此基础上仅配置了必要的地址锁存器、EPROM及少数门电路,结构十分简单。

测频率单片机系统连续不断地将测得的频率值通过串口COM1发送给计算机。在流量测试程序中,对从COM1获取到的频率值进行数字滤波后取平均值,根据平均频率值求取流量 $Q$ 。用指令随时都可以打开COM1,立即获取测试水泵工况点的流量变送器电脉冲频率值,实现流量 $Q$ 的快速实时测量。

测量转矩的单片机系统不断把测得表征 $U_1$ 和 $U_2$ 相位差大小的数据,通过串口COM2发送给计算机。为实现转矩的测量,对每一台选用的转矩转速传感器,用相关分析标定,即每改变一个水泵工况点,测取一组从COM2接收的数据,并与精度为0.05%的天平式测功机测得的转矩值建立相关关系。根据这些相关数据,应用基于最小二乘法原理的回归软件,得到表征测功机测量的转矩值与COM2接收值之间关系的回归方程,将这些回归方程存入计算机。用指令随时都可以打开COM2,并立即获取表征 $U_1$ 和 $U_2$ 之间相差的数据,再将该数据代入相应的回归方程,即可确定实测转矩值,实现转矩快速实时测量。

SY-8253为插入计算机扩展槽中的计数板。转矩转速传感器的输出信号 $U_1$ 经光电隔离后输入SY-8253作定时计数,以实现转速测量。

MS-0819为插在计算机扩展槽中的A/D和D/A转换板。1151型电容式压力变送器的输出信号或直接或经简单转换后输入多路选择开关;YSH-3霍尔压力变送器输出信号经VCVS高阶低通有源滤波电路滤除噪声干扰后,再经低漂移运放组成的差放电路放大成0~5V直流输入到多路选择开关。多路选择开关再将选中的信号传输到MS-0819进行A/D转换。为实现压力的测量,同样用相关分析方法,建立每一个选用的压力变送器所施加标准压力值与对应A/D转换值之间的相关关系,应用基于最小二乘法原理的回归软件,得到表征压力变送器实测压力与A/D转换值相关关系的回归方程,并将这些回归方程存入计算机内。在测压程序中,对应水泵同一工况点,多次启动A/D转换,将获取到的A/D转换值进行数字滤波后取平均值,将平均A/D转换值代入相应的回归方程,从而实现水泵进出口压力的测量。

#### 4 测试系统软件配置

由SBKZ-Ⅱ和计算机组成的水泵性能测试系统的软件采用菜单式程序结构,用C语言编程。主菜单如表1所示。

表1 测试系统主菜单

- |                  |           |
|------------------|-----------|
| 1. 转矩转速传感器转矩零点测定 | 4. 性能曲线绘制 |
| 2. 水泵性能试验        | 5. 测试结果输出 |
| 3. 水泵汽蚀试验        | 6. 退出     |

在主菜单第2,第3项中设置有子菜单。子菜单如表2所示。

表2 性能试验和汽蚀试验子菜单

- |              |          |
|--------------|----------|
| 1. 传感器类型选择   | 4. 删除传感器 |
| 2. 传感器回归方程修正 | 5. 参数给定  |
| 3. 增设传感器     | 6. 试验开始  |

流量计仪表系数  $K$ 、转矩转速传感器齿数  $z$ 、额定转速、被试水泵设计工况点参数、水泵进出口压力表的安装高差、水泵进出口管径、大气压力、饱和蒸汽压力和液体密度等均在子菜单参数给定项中输入。这些参数输入后存入计算机,在以后的试验中,若这些参数不需修改,则不必重复输入。

测试人员通过键盘可随意选取任一菜单条目,操纵测试系统执行相应的程序、完成所选定的试验内容、打印试验结果或绘制试验性能曲线等等,操作简便,人机界面十分友好。一般中小型水泵厂的测试人员都能很快掌握,独立进行操作。

## 5 系统重复性检验及误差分析

为了检验 SBKZ-I 装置与计算机组成的测试系统的可靠性,用 IB50-32-125 离心泵进行了重复性检验测量。对被试水泵稳定在额定流量工况点的每一参数进行 9 次重复测量,根据 GB 3216-89<sup>[4]</sup> 有关规定计算各种误差,见表 3。

表3 误差分析结果

指标	平均值	系统误差/%	随机误差/%	总测量不确定度/%	B级误差限/%
流量/(L·s <sup>-1</sup> )	3.47	0.502	0.009 2	0.502	2.0
扬程/m	19.29	0.526	0.017 2	0.536	1.5
转矩/(N·m)	3.52	1.01	0.000 47	1.01	
转速/(r·min <sup>-1</sup> )	2 984.9	0.06	0.322	0.328	0.4
功率/kW	1.072	1.01	0.000 61	1.01	1.5
效率/%	59.58	0.74	0.000 47	0.74	2.8

对被试水泵在同样安装条件下分别在不同的时间进行 10 次完整的性能试验,将 10 次试验得到的  $Q-H$  曲线、 $Q-\eta$  曲线和  $Q-P_s$  曲线分别绘制成图 2(a,b,c)。图 2 表明,SBKZ-I

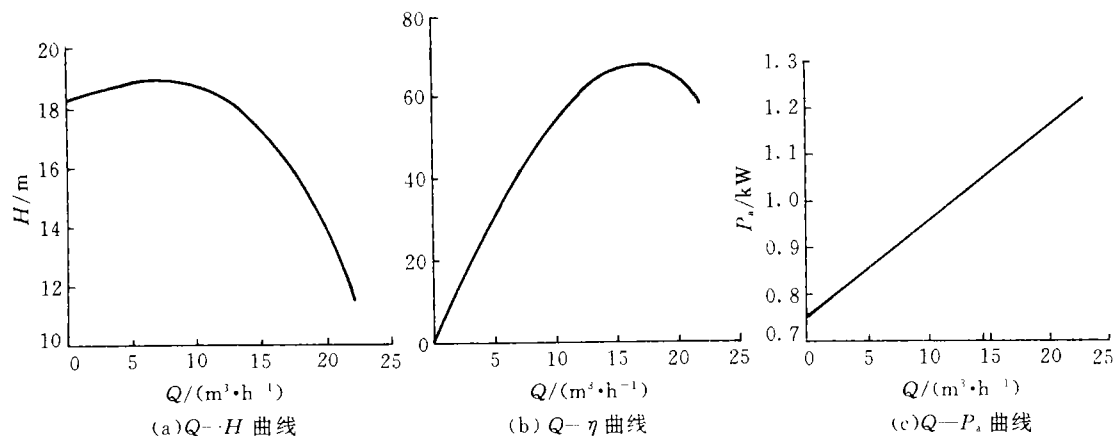


图2 根据测试结果绘制的水泵性能曲线

型水泵测试控制装置与计算机组成的测试系统,在所有测试点上都具有较高的测量重复性,系统工作稳定可靠。多次试验表明,在设置一般传感器的条件下,能达到 GB3216—89B 级测量精度标准(参见表 3)。

## 6 结 论

1) SBKZ-I 型水泵测试控制装置与计算机组成的水泵性能测试系统,其硬件配置比一般现行水泵测试系统简单,能较好地完成水泵性能的自动化测量,测试精度能达到 GB3216—89B 级精度标准,具有较高的性能价格比。

2) 该测试系统软件采用菜单式程序结构,操作简便灵活,具有较好的人机界面。整个测试过程能被测试人员有效控制。

3) 该测试系统在郑州工业大学化工机械实验室和唐山市水泵厂的实际运行表明,其运行稳定、可靠,功能较强,操作简便,具有推广价值。

## 参 考 文 献

- 1 耿洪奎,柴松乔,蒋振青,等. GC-4 水泵自动测试系统. 水泵技术,1993(1):47~48
- 2 刘 阳,郭修煜. 基于 PC 总线虚拟仪器的关键技术及发展前景. 电子技术应用,1996(11):4~5
- 3 何立民. 单片机应用系统设计. 北京:北京航空航天大学出版社,1990. 119~121
- 4 GB3216—89. 离心泵、混流泵、轴流泵和旋涡泵试验方法