

柱塞式压力扫描阀在压气机试验中的应用

齐连忠 (哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔提要〕 本文介绍了用于全台压气机试验的8301型柱塞式压力扫描阀的结构、工作原理及其作为MDR-Z80微机数据自动采集系统的压力测量子系统的构成,对工作程序和测量数据的精度进行了分析。该系统全部联机实行集中控制,自动化程度高、造价低、容量大、抗干扰力强是各类压力测量的良好手段。

关键词 柱塞式压力扫描阀 压力自动采集系统 测量

前 言

8301型压力扫描阀测量系统是MDR-Z80数据自动采集系统的子系统。

该系统于1984年底初步安装并调试成功,在三种型号压气机的测量试验中使用。三年来,工作近百个小时,录取了数十万个数据,达到了设计要求,提高了压力数据的采集速度和测量精度,数据与常规仪表测量数据吻合,数据的重复性、准确性是好的。

该套系统全部联机,实行集中控制,自动化程度高,容量大是常规仪表无法比拟的。与单通道的压力传感器系统比较,可节省投资70~80%。就一个200通道的测量系统而言,可节省资金16万余元,由于采用压力扫描阀,大大减少了压力传感器。选择高精度的压力传感器,可以进一步提高采集数据的精度。

一、MDR-Z80微机数据采集系统压力测量子系统

1. 压力采集子系统的构成

系统以柱塞式压力扫描阀为主体,包括步进电机与步进电机驱动电源;压力传感器及信号调理器;无油气体压缩机;正压浮球标准压力发生器;真空泵,负压浮球标准压力发生器;信号传输电缆及A/D板等组成。

2. 系统工作原理

总压探针或静压测孔的压力信号经过 $\phi 3.5\text{mm}$ 的塑料管传到压力扫描阀的信号嘴,由步进电机带动联动回轮依次接通压力信号到传感器。压力传感器把物理量(压力)转变成电量,此电信号经放大通过电缆传至A/D板,A/D板把该模拟信号转换为数字量,通过接口被Z80微机采集,存放在被划定的内存区域中,并及时装入软盘以供分析处理。

3. 压力扫描阀压力参数的采集

首先将压力扫描阀手动置于工作状态,接通信号调理器及恒压源电源,预热30分钟后,由Z80微机控制驱动电源输出工作脉冲,使步进电机经减速器带动联动轴转动,光电转换

收稿日期:1988-12-29 收修改稿:1989-04-13

器通过联动轴上的光盘搜索周到位信号, Z80 机接到周到位信号后开始搜索点到位零位, 继而采集传感器零位值, 再由标准压力源依次发出五点标准压力值, 程序使扫描阀处于特定位置后依次采集标准值。经筛选平均后依据最小二乘法原理进行特性线拟合, 其数学模型是 $P_i = a_0 + a_1 V_i + a_2 V_i^2$, 并将该系数数组存入数据盘待调用。

当主控制台发出数据采集命令后, 软件启动扫描阀驱动电源, 发出脉冲使步进电机转动, 通过联动轴使八个扫描阀作同步转动, 当某个气路被打开时, 光电变换器发出一个脉冲, 计算机将每个阀依次采集三遍后等待下一个脉冲。依次采集一周后步进电机停转, 一个工况检测结束, 微计算机速将测得数据存入软盘, 并可随时调用特性线数组将其转换成压力值筛选平均后打印。

二、压力扫描阀

1. 压力扫描阀本体

柱塞式压力扫描阀应用闸板阀的结构原理(如图1所示)。

当联动轴上的齿轮带动的旋转凹轮的凹口对准工位时, 橡胶管依自身的弹力将柱塞压入凹口使该气路接通, 其余通道均被压死, 齿轮旋转一周24个通道依次打开, 接通压力传感器。柱塞式压力扫描阀与一般平面摩擦式扫描阀的一个不同之处是气密性好, 平面摩擦式扫描阀的密封完全依赖于工位之间接触平面的研磨精度, 耐压性不好, 极易露气, 串通。柱塞式压力扫描阀每个通道的橡胶管独立, 且橡胶管的两头均被锥面压紧, 其结构合理, 密气性良好。另一个不同之处是柱塞式扫描阀由于增加了橡胶管和联通, 通道容腔增大, 使信号接通后的稳定时间较平面式扫描阀为长, 通过对稳定时间的分析, 这种扫描阀是完全满足静态压力测量的要求, 而优于平面式的扫描阀的。

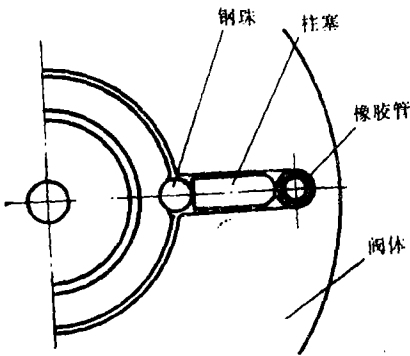


图1 结构原理图

1. 钢珠 2. 柱塞 3. 橡胶管 4. 阀体

当控制光盘的孔到位信号发出时, 柱塞为全打开位置, 则压力信号与矩形截面连通槽接通时间为 $t_1 = \frac{1}{2} t_i = 0.0721$ 秒; 由采集软件所控制的延时时间为 $t_2 = 0.004$ 秒, 总的稳定时间为 $t =$

$t_1 + t_2 = 0.0761$ 秒。

(2) 压力信号传输及稳定时间

压力信号由总压探针或静压孔感受后, 经 $L = 25\text{m}$, $\phi = 2.0\text{mm}$ (内径) 的塑料管传到扫

2. 压力扫描阀工作的稳定时间

(1) 装置结构及采集程序可提供的稳定时间。扫描阀采集24点, 即旋转一周的时间无级可调, 我们选用8.4秒/周。

每点的时间 $T = 8.4\text{秒}/24\text{点} = 0.35\text{秒}$;

信号孔所在圆周长 $L = D \times \pi = 204.2\text{mm}$;

两孔间距离 $d = 204.2/24 = 8.5\text{mm}$;

每个信号导通时间 $t_i = 0.35 \times 3.5/8.5$

$= 0.1441\text{秒}$ 。

当控制光盘的孔到位信号发出时, 柱塞为全打开位置, 则压力信号与矩形截面连通槽接通时间为

描阀信号嘴等待、当凹轮的凹口转到该信号嘴位置时，使该压力信号与矩形槽道接通，将压力信号传到压力传感器感受口。

为了证实稳定时间，用机器语言编制对标准信号连续采集程序，以0.0028秒/点的速度，给定标准压力 $0.6 \times 10^5 \text{Pa}$ ，采集的波形见图2。

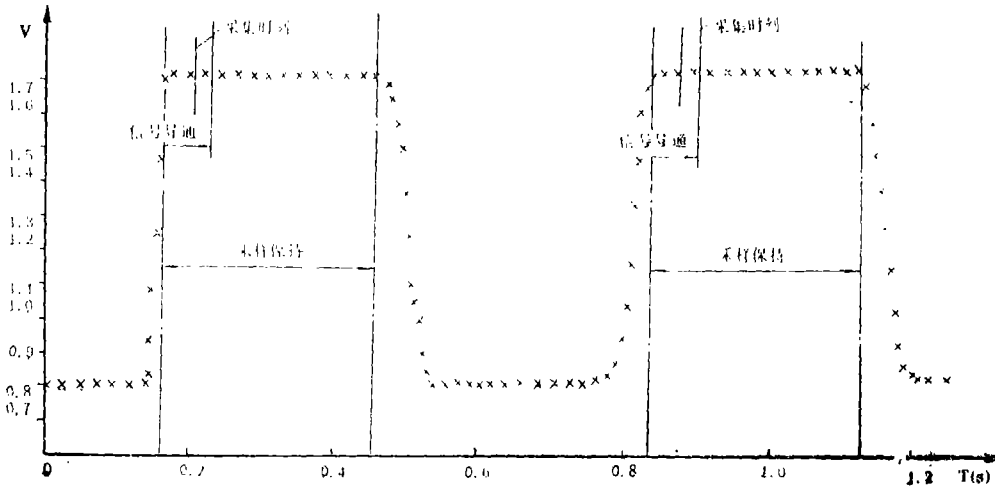


图2 采集波形图

每点时间： $8.4 \text{秒/周} + 2.4 = 0.35 \text{秒/点}$

稳定时间： $0.35 \text{秒} \times \frac{14}{67} = 0.073 \text{秒}$

保持时间： $0.35 \text{秒} \times \left(1 - \frac{14}{67}\right) = 0.277 \text{秒}$

试验压力： $P = 0.6 \times 10^5 \text{Pa}$

从图2中可查得信号稳定时间为0.073秒，信号保持时间可达0.277秒，微机采集时刻是在信号稳定所需时间0.073秒后，在0.1441秒的信号导通时间内，因此采集的参数是完全可靠的。

三、压力扫描阀的试验

1. 压力扫描阀（不带压力传感器）气体渗漏试验

压力扫描阀接通 $1.96 \times 10^5 \text{Pa}$ 气源后封死，整体浸入水中，10分钟未见气泡溢出[1]。

2. 压力扫描阀（带传感器）连续供气试验

标准压力源连续向扫描阀供气，微机连续采集。在2'40"时间内采集63次，平均波动为0.003665V，相对值为0.7%。

3. 压力扫描阀（带传感器）气密性试验

连接好整个系统后，由标准压力源提供稳定的标准压力，将气源封死后由微机采集数据在2分钟时间内采集16次，压力最大泄漏为0.1%。

四、压力扫描阀压力传感器的标定

1. 试验前后传感器标定

试验开始前接通恒压源预热30分钟后进行压力传感器的标定。首先由微机控制扫描阀进入工作状态，在第一工位采集零位10遍，然后停在事先设定好的标准信号通道处，由人工分

别给定五个标准压力信号值,由软件控制依次采集记录,标定完后,通过软件立刻对标定数据进行处理。

2. 压力传感器的零漂和温漂

测量了7个压力传感器连续采集的零位值,都是 $\Delta U_{cp}/u \cdot F \cdot S = 0.488\%$

3. 压力传感器的特性线拟合

把采集到的零位和标准压力值对应的电势值进行筛选和平均剔除最大值和最小值,针对每个阀的测点的压力范围所选定的标准值与大气压力相加,该大气压力是由BQY-IB(A)型数字式无汞气压计给出的,其精度为0.4‰。特性线的数学模型为 $P = a_0 + b_0 + c_0 \cdot P$ 。

系数 a 、 b 、 c 由最小二乘法原理推出的三元一次方程组确定

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^6 P_i &= 6a + b \sum_{i=1}^6 V + C \sum_{i=1}^6 V_i^2 \\ \sum_{i=1}^6 P_i V_i &= a \sum_{i=1}^6 V + b \sum_{i=1}^6 V_i^2 + C \sum_{i=1}^6 V_i^3 \\ \sum_{i=1}^6 P_i V_i^3 &= a \sum_{i=1}^6 V_i^2 + b \sum_{i=1}^6 V_i^3 + C \sum_{i=1}^6 V_i^4 \end{aligned}$$

由程序直接算出 a_i 、 b_i 、 c_i ($i=1-8$)系数数值,存入软盘待打印压力数据时调用。

特性线拟合误差 $S_n = 2.69 \times 10^{-4}$

五、扫描阀测压系统测量误差分析

1. 系统测量误差的组成

- (1) 标准压力源精度 $\sigma_b 0.05\%$;
- (2) 特性线拟合误差 $\sigma_n = 26.9\text{Pa}$;
- (3) 试验前后标定与实时标定的误差 $\sigma_e = 165.24\text{Pa}$;
- (4) 无汞式大气压力精度 $\sigma_{pa} 0.4\%$;
- (5) A/D板模数转换误差 $\sigma_{AD} 12\text{bit}$ 。

2. 综合误差

根据文献[2]公式(3-11)

$$\delta = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x_1}\right)^2 \delta x_1^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial x_2}\right)^2 \delta x_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial x_m}\right)^2 \delta x_m^2}$$

有

$$\delta_p = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial p_b}\right)^2 \delta_b^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial p_n}\right)^2 \delta_n^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial p_e}\right)^2 \delta_e^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial p_a}\right)^2 \delta_{pa}^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial p_{AD}}\right)^2 \delta_{AD}^2}$$

$$\therefore \frac{\partial F}{\partial p_b} = \frac{\partial F}{\partial p_n} = \frac{\partial F}{\partial p_e} = \frac{\partial F}{\partial p_a} = \frac{\partial F}{\partial p_{AD}} = 1$$

$$\therefore \delta_p = \sqrt{\delta_b^2 + \delta_n^2 + \delta_e^2 + \delta_{pa}^2 + \delta_{AD}^2}$$

由于标准压力源精度 $\delta_b 0.05\%$,

故: $\delta b_{\max} = 2\text{kg/cm}^2 \times 0.0005 = 10\text{mmH}_2\text{O} = 98.1\text{Pa}$

$\delta_b = 98.1/3\text{Pa} = 32.7\text{Pa}$

$$\delta_n = 26.9 \text{ Pa}$$

$$\delta_e = 165.24 \text{ Pa} / 2 = 82.62 \text{ Pa}$$

$$\delta p_{\text{max}} = 1000 \times 0.0004 = 40 \text{ Pa}$$

$$\delta \text{Pa} = 40 \text{ Pa} / 3 = 13.3 \text{ Pa}$$

$$\delta_{AD} = 1 \text{ kg/cm}^2 \div 2049 = 4.88 \text{ mmH}_2\text{O} = 47.9 \text{ Pa}$$

$$\text{则 } \delta_p = \sqrt{32.7^2 + 26.9^2 + 82.62^2 + 13.3^2 + 47.9^2} = 105.3 \text{ Pa}.$$

在全面应用压力扫描阀采集压力数据的同时,仍保留八支水银压排和四支水排并记录压力参数。

比较表明,扫描阀72点数据与汞排数据吻合良好,除3个点外都在0.3%范围之内。

扫描阀40点数据与水排数据吻合良好。

六、结 论

8301型柱塞式压力扫描阀及其系统,经过三年的使用和改进,采集了数十万个数据。该系统稳定、可靠,同汞排,水排比较数据吻合良好,该扫描阀系统精度可优于0.3%,采用试验前后标定的方法可提高测量精度,减少传感器的温漂的影响。

目前使用的采集速度为24点/8.4秒,从图2可看出,采集速度尚有提高的余地。

参 考 文 献

- [1] 崔兴福. NIC-2000压力扫描阀实时标准测量应用. 第六〇六研究所, 1984
- [2] 叶大均. 热力机械测试技术. 清华大学
- [3] 成刚. 柱塞式压力扫描阀的研制与应用. 第六〇六研究所, 1983

(孙显辉 编辑)

The Use of Plunger Type Pressure Scanning Valve in Compressor Testing

Qi Lianzhong

(Harbin Marine Boiler and Turbine Research Institute)

Abstract

This paper describes the construction and working principle of the 8301 plunger type pressure scanning valve used for whole compressor testing and its structure as a pressure measurement subsystem of the MDR-Z80 microcomputer automatic data acquisition system. The working procedures and the precision of measured data are analysed. The said system features on-line centralized control and a high degree of automation. Being inexpensive, of a large capacity and interference free, it is a good device for various pressure measurement.

Key words: *Plunger type pressure scanning valve, pressure automatic acquisition system, measurement*