

# 往复式压缩机综合性能测试系统的研制

强明辉\* 俞玉和 张晓森

(兰州理工大学)

**摘 要** 介绍了往复式压缩机性能综合测试系统的研制方法,从系统的硬件组成、测试方法、组态软件设计及实现功能等方面进行了阐述。

**关键词** 往复式压缩机 组态软件 数据采集 示功图

中图分类号 TQ51.21 文献标识码 B 文章编号 0254-6094(2009)06-0607-04

往复式压缩机在石化企业中起着十分重要的作用,但由于其结构复杂,激励源众多,对其实施状态监测诊断技术较困难。虽然人们已对其开展了不少研究并取得了一些研究成果,但总的水平还不高,并且尚无对其监测诊断技术进行深入研究,也没有一套成熟的诊断及诊断系统面世,这与其在生产中的应用现状极不相符,故有必要加强这方面的研究<sup>[1]</sup>。

本文研制的往复式压缩机综合性能测试系统,不仅实现了气缸压力、温度的实时数据采集,转速的动态显示,而且完成了示功图的绘制,明显提高了往复式压缩机的性能测试精度和工作效率,为压缩机的性能分析和故障预知提供了理论依据。

## 1 系统技术要求及功能

往复式压缩机机械运动情况复杂,具有强非平衡和非线性,尤其是振动十分复杂,随机信号、周期信号、冲击信号混杂在一起,给表征往复式压缩机运行状态特征信息的提取带来了很大困难。本系统采用现代电子技术、计算机技术、传感器技术实时监测往复式压缩机的运行参数,综合分析往复式压缩机的运行状态。

### 1.1 系统技术要求

要求实时监测往复式压缩机的一级和二级缸排气压力、二级缸吸气压力、一级和二级缸排气温度、二级缸吸气温度、压缩机转速、电压和电流等

参数,实时监测往复式压缩机的运行状态,通过数据处理、示功图的绘制综合分析往复式压缩机的性能。图 1 给出了系统控制流程图。

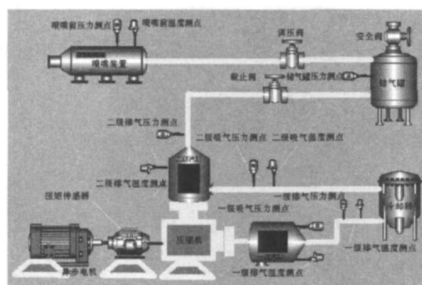


图 1 系统控制流程图

## 1.2 系统功能

该系统有如下功能:

- a 实时数据采集与存储;
- b 实时数据显示与波形显示;
- c 数据处理与示功图的绘制;
- d 压缩机运行状况的动态界面显示;
- e 故障分析、故障诊断与故障报警。

## 2 系统的硬件结构

往复式压缩机运行的过程中具有激励源众多、机器的振动大、温度变化幅度较大及随机干扰严重等特点。因此,为了使数据采集的快速性和准确性,准确反映往复式压缩机工作状态,系统硬件设计考虑采用高抗干扰能力的工业控制计算机、高精度的压力、温度传感变送器、多功能数据

\* 强明辉,男,1960年 1月生,高级工程师。甘肃省兰州市,730050

高速采集控制卡。为了消除工频电源干扰、高频干扰对数据采集精确性的影响,采用硬件滤波技术,模拟信号采用多芯双绞屏蔽电缆传输,有效滤除了随机干扰。

系统主要由研华 IPC-610H型工控机,台达 22 KWB系列交流变频调速器,研华多功能数据采集控制卡 PCL-813B PCL-818HD 气缸压力数据采集器,温度、压力传感变送器,智能显示仪表及智能通讯模块等组成。系统硬件结构图如图 2 所示。

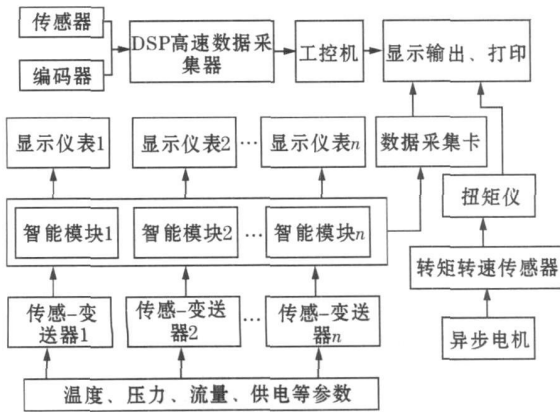


图 2 系统硬件结构图

本系统选用的压缩机为柳州压缩机总厂生产的 V 系列 VW 3/7(8)无油润滑压缩机,根据要求在气缸内安置了示功孔,以便于测量气缸内的动态压力。选用的压力传感器为高频动态的压力传感器。压力传感器型号为 CYG1409 量程分别为一级汽缸 0~1MPa;二级汽缸 0~2MPa。

由于往复式压缩机结构复杂,在运行的过程中激励源众多,而且机器的振动和温度变化幅度较大,因此在选用温度传感器时,既要考虑它的灵敏性、稳定性,还要考虑它的抗震性。本系统采用抗震性达到德国船用标准 Germanischer Lloyd Category D Characteristic 2 的热电阻插芯式 P1000 系列温度传感器。

旋转编码器是一种通过光电转换将被测物体的机械转角转化成脉冲信号的传感器。由于脉冲的个数与转角量成正比关系,因此被测物体的转角信息可通过脉冲计数得到,同时转速信息可通过测量脉冲的频率来获得。为了准确地测量压缩机的转速以及一级、二级气缸转轴的位置,以便后期绘制示功图,本系统选用的是 DELTA 台达编码

器 ES 系列,利用其输出信号作为 A/D 转换的触发脉冲,过零信号作为开始采集信号。

### 3 系统的软件设计

组态软件是近年来在工业自动化领域兴起的一种新型的软件开发技术,它具有二次开发简便、开发周期短、通用性强及可靠性高等优点<sup>[3]</sup>。在本项目的监控软件开发中,选用图灵开物 Turing Control 7.3 通用监控系统支撑软件。

#### 3.1 主要功能实现

##### 3.1.1 权限安全

该监控系统根据操作人员不同,设定不同的使用权限,有效地保证了系统操作的安全性。

##### 3.1.2 系统参数实时监测及显示

本系统通过 Turing Control 组态软件实现了对压缩机运行所有参数的实时监控,使得压缩机当前的流量、供电参数、温度和压力等直观地显示在同一画面上,便于监控生产,实现了生产过程的实时管理和系统的可视化。

##### 3.1.3 参量超限报警

本系统对压缩机系统的供电主电流、一级缸排气温度、二级缸排气温度、储气罐温度、冷却水温度和流量、一级缸压力、二级缸压力、油泵压力等参量都设置了超限报警,运行过程中一旦参量值超限,组态软件可实现分类报警和动态画面提示,并可将报警信息存入报警信息数据库,供事后统计分析。

##### 3.1.4 存盘数据处理

利用 Turing Control 组态软件设置的历史报表、历史曲线以图表或曲线形式给出压缩机关键参数在历史任意时刻的运行状态及变化趋势,以备现场操控人员查询、分析之用。

#### 3.2 数据处理

在采集数据过程中往往夹带有随机噪声干扰,这些干扰由工频电源和放大器本身引起,容易造成处理上的误差,应予以清除。对于这些影响测量精度的干扰,仅靠屏蔽、接地、隔离等措施并不能完全消除,本系统采用软件滤波方式,摒弃采集到的那些非正常信号,达到平滑曲线,减小系统误差的效果。根据本课题的实际情况,选用分组算术平均值滤波法。

其原理如下:连续采样  $N$  个数据 ( $N$  值的选取: 3~14), 形成数据序列 (降序排列)  $X(i=1, 2$

3 ..., N), 去掉一个最大值  $X_n$  和一个最小值  $X_1$ , 然后计算  $N-2$  个数据的算术平均值  $Y$

$$Y = \frac{1}{N-2} \sum_{i=2}^{N-1} X_i$$

其优点是对于偶然出现的脉冲性干扰, 可消除由于脉冲干扰所引起的采样值偏差<sup>[4]</sup>。

其次, 由于图灵组态软件自带有软件滤波器, 可很好地防止数据漂移和抖动。最后对所有的温度、压力等参数在组态软件里进行范围设定, 可以有效地减小数据偏差。以下是对一级排气温度的范围设定程序:

```
var s: Float
begin
    s = 100 value;
    if (s <= 40) then s = s - 1.1;
    if (s > 40) and (s <= 60) then s = s - 1.2;
    if (s > 60) and (s <= 90) then s = s - 1.3;
    if (s > 90) and (s <= 120) then s = s - 1.4;
    if (s > 120) and (s <= 250) then s = s - 1.6;
    if s = -1.1 then s = 0;
    m1.avaluQ = s;
end
```

### 3.3 系统画面

图 3 是压缩机性能测试系统的系统参数画面。



图 3 系统参数画面

### 4 示功图

往复式压缩机的示功图, 系反映压缩机在一个工作循环中活塞在气缸的每一位置时, 气缸内气体压力变化的曲线。根据得到的示功图, 可以对压缩机的工作过程进行各种分析计算。例如, 根据示功图的面积可以算出气缸的平均指示压力、指示功率和气阀功率损失; 根据排气最高压力, 可以求出气缸内实际压力比; 另外, 由示功图

还可以分析判断气阀的工作情况, 活塞环和填料是否发生泄漏, 进气和排气过程的压力损失, 压缩和膨胀过程的热交换情况等, 进而根据这些分析和判断, 对压缩机的某些故障采取相应的措施。

#### 4.1 采样触发方式

根据测试要求, 预设旋转编码器的输出为每转 360 个脉冲, 将旋转编码器和主轴固联在一起, 以旋转编码器的输出脉冲作为气缸压力采样的外部触发信号, 利用编码器过零信号作为开始采集信号, 可保证每循环采集 360 个压力值, 且采集的压力信号与主轴转角和活塞位移严格同步。

#### 4.2 实现原理

通过安装在示功孔上的两个压力传感器 (型号为 CYG1409) 实时检测气缸压力, 经气缸压力数据采集器将压力信号转变为数字信号进入计算机, 通过软件的处理和标定系统, 还原为压力值。在一个循环中, 通过测转速的脉冲信号来获得初始采集点, 当测得的脉冲信号值最大时, 活塞刚好运动到外止点, 亦即膨胀开始点, 这时触发开始进行示功图采集。对一级压缩脉冲 360 个信号对应  $\theta$  为  $0 \sim 359^\circ$ , 对二级压缩脉冲 360 个信号对应  $\theta$  为  $270 \sim 360^\circ, 1 \sim 269^\circ$ 。将压力信号按采集顺序标在  $P-\theta$  图上并且一一对应。

图 4 为曲轴转角和活塞位移关系的简图。规定曲轴转角  $\theta$  的起始位置为外止点位置, 即外止点时  $\theta=0^\circ$ , 任意转角  $\theta$  时活塞的位移  $\overline{AC}$  有如下关系式<sup>[5]</sup>:

$$x = \overline{AO} - \overline{CO} = l + r - (l \cos \beta + r \cos \theta)$$

式中  $\beta$  —— 连杆摆角;  
 $r$  —— 曲柄半径;  
 $l$  —— 连杆长度。

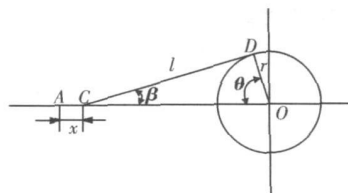


图 4 曲轴转角和活塞位移关系简图

设  $\lambda$  为曲柄半径与连杆长度之比, 由几何关系中可知:

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \theta}$$

得:

$$x = r \left[ (1 - \cos\theta) + \frac{1}{\lambda} (1 - \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\theta}) \right]$$

将  $\sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2\theta}$  按两项式展开并舍去高阶项, 简化为:

$$x = r \left[ (1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right]$$

对应活塞行程  $x$ , 汽缸行程容积为:

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} D^3 x \\ &= \frac{\pi}{4} D^3 r \left[ (1 - \cos\theta) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\theta) \right] \end{aligned}$$

由以上关系, 即可将压力信号和曲轴转角的关系图转换为压力信号和汽缸行程容积  $P-V$  图, 即示功图, 绘制过程由计算机软件实时数据采集处理得到。图 5 为按理论得到的示功图。

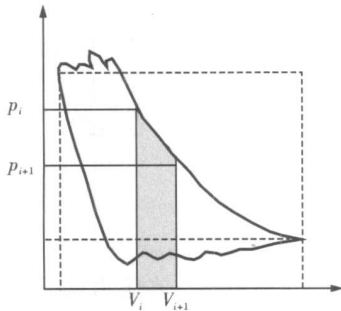


图 5 示功图

根据示功图可得一、二级压缩求功公式:

$$W = \sum_{i=1}^{360} (P_{i+1} + P_i) (V_{i+1} - V_i) / 2$$

式中  $D$ ——汽缸直径;

$V$ ——汽缸行程容积。

## 5 结束语

该测试系统具有设计合理、先进, 界面友好、运行稳定可靠、扩展性强等优点, 为往复式压缩机的性能分析和故障诊断提供了依据和保障, 也为以后进一步对压缩机性能研究提供了一定的经验和方法。

## 参 考 文 献

- 1 刘卫华, 郁永章. 往复压缩机故障诊断方法的研究. 压缩机技术, 2000(1): 3~5
- 2 易定忠. 6M25 往复压缩机状态监测系统研究: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2006
- 3 包建华, 张兴奎, 丁启胜. 基于 MCGS 组态软件的空压机组监控软件开发. 微计算机信息, 2007 24(19): 36~37 51
- 4 杜树旺, 方志民, 王文明等. 基于 PC 的改进型活塞式压缩机性能检测系统. 浙江工业大学学报, 2005 33(4): 421~424
- 5 郁永章. 活塞式压缩机. 北京: 机械工业出版社, 1982

(收稿日期: 2009-05-08 修回日期: 2009-09-30)

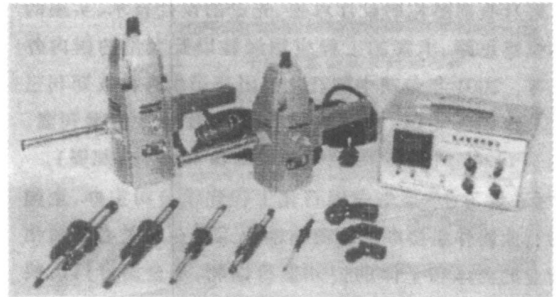
## 江苏省吴江市环宇胀管器有限公司

本公司专业制造各种胀管器和胀管机, 该产品广泛用于锅炉、化机、电站、炼油、油脂等行业的制造、检修及安装, 换热器、冷凝器、冷却器等压力容器的胀管, 是上佳的胀接工具。

胀管器: 直筒式、翻边式、轴承式、深孔式、深孔调节式等 12 种系列, 2000 多种规格。

胀管机: P3Z1-13、19、25、38、51、76、102 等 7 种规格。

可胀接管径范围  $\phi 6 \sim 102\text{mm}$ , 管板厚度范围 10~400mm。用万向节头联接胀管器与胀管机, 即可进行胀管工作, 速度快, 效率高。同时, 提供各种规格的挖槽器、削平器及内节管器等。



地址: 江苏省吴江市屯村镇南大街12号 邮编: 215216 经理: 俞建新

销售部电话: 0512-63373381 传真: 0512-63374198 手机: 013801550860

联系人: 梅丽华 <http://www.hygzq.com> e-mail: huanyu@hygzq.com

种类繁多 规格齐全 保证质量 信守合同 代办邮运 欢迎选购