

活塞式压缩机排气量测试系统的设计

杜斌康,高红刚,卢 沛,卢志明*

(浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310012)

摘要: 为准确测量高速运转的活塞式压缩机的末级排气量,在活塞式压缩机性能测试实验装置的基础上,应用现代测试技术与采集方法,构建了一个活塞式压缩机排气量测试系统。该测试系统采用GB-3000A压力传感器检测压力,采用LM35温度传感器检测温度,通过PCI2000数据采集卡采集系统压力与温度传感器的数据,借助Visual Basic高级编程语言,构建了完整的活塞式压缩机排气量测试系统软件。最后通过对测试系统测量的排气量与原实验测试方法测量的排气量以及理论排气量的多组数据进行了比较分析,结果表明,压缩机排气量测试系统测量的排气量与原实验方法测量的排气量数值接近,且测试系统测量的排气量更接近理论排气量的数值。研究结果表明,该活塞式压缩机排气量测试系统具有较高的准确性,并且测量结果可靠,测试速度快捷。

关键词: 活塞式压缩机; 性能测试; Visual Basic; 数据采集; 排气量

中图分类号: TH81; TH457; TH39

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2013)05-0577-04

Design of piston compressor's displacement test system

DU Bin-kang, GAO Hong-gang, LU Pei, LU Zhi-ming

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to measure the high speedily changed displacement of the piston compressor in the last stage accurately, modern detecting technology and collecting method was applied to build the performance test system based on the piston compressor performance test experiment. In this test system, GB-3000A pressure transmitter was used to detect the pressure and LM35 temperature transmitter was applied to detect the temperature. Finally, the pressure and temperature data was collected by PCI2000 data acquisition board to the performance test system built by the high-level programming language, Visual Basic. Comparing the displacements tested by the performance test system, the displacements tested by the original method and the theoretical displacements in different conditions, it reveals that the displacements tested by the performance test system are close to the displacements tested by the original test method and they are even more closer to the theoretical results. It informs that the piston compressor's displacement test system has the quality of high accuracy, reliability and rapidity.

Key words: piston compressor; performance test; Visual Basic (VB); data acquisition; displacement

0 引 言

在国民经济各部门和人民日常生活中压缩机的使用十分广泛,它是化工、石油、矿山、冶金、机械、制冷以至国防工业中不可缺少的重要设备,被称为化工、石油行业的“心脏”,其运行的可靠性与经济性直接影响工业生产,所以压缩机的测试受到了越来越多

的重视。在结合现代测试技术和计算机技术的情况下,活塞压缩机性能测试装置的发展及使用更普遍,因此,对测试系统的结构改进显得尤为重要,测试方法的更新将会使活塞压缩机的使用更加安全、可靠和经济^[1]。

孙杰^[2]等对微机在压缩机指示图的应用进行了研究,介绍了传感器的选择与安装方法,采集系统的标

收稿日期: 2012-11-27

作者简介: 杜斌康(1989-),男,浙江东阳人,主要从事压力容器、管道及高效过程装备等方面的研究。E-mail: iamdbklove@qq.com

通信联系人: 卢志明,男,教授,硕士生导师。E-mail: lzm@zjut.edu.cn

定与数据处理方法。顾海明^[3]和朱根兴也对微机在测试指示功图的应用进行了研究。魏龙^[4]等对活塞式压缩机电子式指示图测试装置进行了改进。

在传统压缩机排气量测试实验的基础上,本研究采用现代测试与采集技术,开发压缩机排气量测试系统,实现实时、准确地测量压缩机排气量。

1 压缩机排气量测试系统的开发

1.1 测试系统原理

活塞式压缩机的排气量通常是指单位时间内最后一级排出的气体量,换算到吸入状态时的容积流量^[5],单位为 m^3/min 或 m^3/h 。按照国家标准GB3853-98规定,容积式空气压缩机排气量一般采用喷嘴法测量^[6]。气体流经喷嘴时,流速在出口处形成局部收缩,使流速增加,静压力降低,在喷嘴前后产生了压力差。气体的流量越大,则在喷嘴前后产生的压力差也越大。

所以,研究者可以通过测量压力差和温度来计算气体的流量,计算压缩机排气量的公式为:

$$Q = 1\,129.26 \times 10^{-6} c d^2 T_{x1} \sqrt{\frac{\Delta p}{P_b T_1}} \quad (\text{单位: } \text{m}^3 \text{ min}) \quad (1)$$

式中: T_1 —喷嘴出口气体温度, K; c —喷嘴系数,该系数可按有关表格求取; P_b —实验处的大气压力; P_a —绝对压力; d —喷嘴直径, mm; T_{x1} —第一级吸气温度(即室温), K; Δp —喷嘴前后的压力差, P_a (该值可用水柱压差计测量, $\Delta p = 9.807H$, H 是以毫米为单位的压差计读数)。

活塞式压缩机测试技术伴随着测试技术的发展而发展,尤其是伴随着传感器、测试仪器和信号处理技术的不断更新和发展^[7]。本研究中,用温度传感器代替温度计测试温度,微压传感器代替U型测压计测试压力,完成压力信号的采集;应用Visual Basic软件开发采集和计算系统,智能计算排气量。

活塞式压缩机排气量测试系统原理如图1所示。

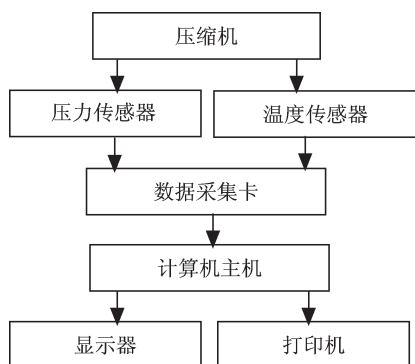


图1 活塞式压缩机排气量测试系统原理框图

1.2 测试系统的硬件结构组成

为了测试活塞式压缩机的排气量,需要测试以下数据^[8]:

温度 T 。第一级吸气温度 T_{x1} (即室温)、喷嘴前的气体温度 T_1 ;

压力 P 。实验处的大气压力 P_b 、喷嘴前后的压力差 Δp 。

系统硬件主要由压力传感器、温度传感器、变送器、数据采集卡^[9-10]以及工控机所组成。

传感器及采集卡型号如表1所示。

表1 硬件型号

硬件	温度传感器	压力传感器	采集卡
型号	LM35	GB—3000A	PCI2000
量程	-55℃~150℃	-0.1 MPa~100 MPa	
信号范围	-1 V~6 V	4 mA~20 mA 0~5 V或10 V	±5 V, ±10 V或 0~10 V

2 数据采集及处理系统的开发

2.1 主程序流程图

本研究中的测试系统主要采用Visual Basic软件编程,测试程序流程如图2所示。

测试流程主要包括初始化、开始采集、结束采集、室温与大气压的输入、计算排气量及退出。

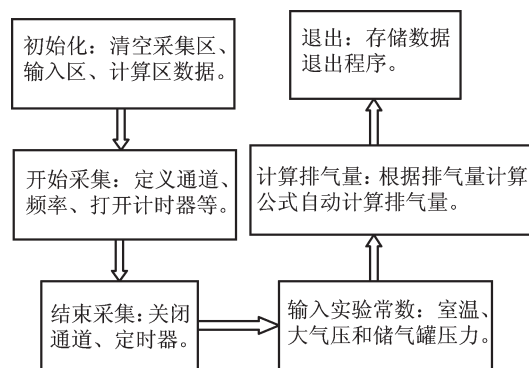


图2 主程序流程图

2.2 测试系统使用步骤

测试系统使用步骤如图3(a~e)所示。



(a) 步骤一



(b) 步骤二



(c) 步骤三



(d) 步骤四



(e) 步骤五

图3 测试系统使用步骤

其中:

步骤一。打开活塞式压缩机排气量测试系统,点击“开始”,进入测试界面。

步骤二。点击“开始”,进入测试界面,进行初始化。

步骤三。初始化完毕,检查设备是否连接,电源是否供电,检查完毕即可进行采集数据。

步骤四。点击采集,数据稳定采集进来后,点击“结束采集”,数据采集成功。

步骤五。输入当地大气压和实验室温度及储气罐压力。计算排气量,记录数据,点击退出。

3 测试系统误差分析

本研究以储气罐压力为0.2 MPa为例,对由U型管读取水柱高度和水银温度计读取温度而计算得的排气量,与微压传感器测得压力和温度传感器测得温度而计算得的排气量进行比较,分析误差,比较精度。

(1)根据U型管读取水柱高度和水银温度计读取温度而计算的排气量 Q_1 。

水柱高度 H :左侧水柱高度为396 mm,右侧水柱高度为642 mm,得到水柱高度差 ΔH 为246 mm;

喷嘴前后压差 Δp : $\Delta p = 9.807 \times \Delta H = 9.807 \times 246 = 2412.52$ Pa;

喷嘴前的气体温度 T_1 :24.5 °C;

室温 T_{x1} :22.0 °C;

大气压 P_b :101 790 Pa;

查表得喷嘴系数 $c=0.965$ 。

根据排气量计算公式,可得 Q 为:

$$Q = 1129.26 \times 10^{-6} c d^2 T_{x1} \sqrt{\frac{\Delta p}{P_b T_1}} \quad (\text{单位: } m^3 \text{ min}) \quad (2)$$

计算得: $Q_1=0.4628$ m³/min。

(2)根据微压传感器测得的压力和温度传感器测得的温度,计算得到排气量 $Q_2=0.4678$ m³/min,如图3(e)所示。

(3)理论排气量。

理论排气量计算公式为:

$$Q = V_s \lambda_v \lambda_p \lambda_t \lambda_l n \quad (3)$$

式中: V_s —行程容积, m³; λ_v , λ_p , λ_t , λ_l —容积系数,压力系数,温度系数和泄漏系数; n —压缩机转速, $n=352$ r/min。

行程容积 V_s 计算如下:

$$V_s = A_p S = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2) S = \frac{\pi}{4} (2 \times 0.11^2 - 0.02^2) \times 0.1 = 0.001868 \text{ m}^3 \quad (4)$$

式中: A_p —作用面积; S —活塞行程, $S=100$ mm; D —汽缸直径, $D=110$ mm; d —活塞杆直径, $d=20$ mm。

容积系数 λ_v 计算如下:

$$\lambda_v = 1 - \alpha (\varepsilon^{\frac{1}{m}} - 1) = 1 - 0.08 (3^{\frac{1}{1.1}} - 1) = 0.8 \quad (5)$$

式中: α —相对余隙容积, $\alpha=8\%$; ε —压缩比, $\varepsilon=3$; m —膨胀过程指数, $m=1.1$ 。

压力系数 λ_p 计算如下:

$$\lambda_p = 1 - \frac{\Delta p}{p_b} = 1 - \frac{2\,465}{101\,790} = 0.976 \quad (6)$$

λ_t 一按照经验值取为 0.94; λ_t 一由于无任何气体泄漏到机器外部,故取为 1。

计算得:

$$Q = 0.001\,868 \times 0.8 \times 0.976 \times 0.94 \times 1 \times 352 = 0.4\,813 \text{ m}^3/\text{min}$$

误差:

$$\eta_1 = \frac{Q - Q_1}{Q} \times 100\% = \frac{0.481\,3 - 0.462\,8}{0.481\,3} \times 100\% = 3.8\%$$

$$\eta_2 = \frac{Q - Q_2}{Q} \times 100\% = \frac{0.481\,3 - 0.467\,8}{0.481\,3} \times 100\% = 2.8\%$$

不同储气压力时的排气量 Q_1 与排气量 Q_2 及理论排气量 Q 如表 2 所示。

表 2 不同储气压力时排气量比较

储气压力 /MPa	排气量 $Q_1/(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$	排气量 $Q_2/(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$	理论排气量 $Q/(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$
0.1	0.532 1	0.538 2	0.540 2
0.2	0.462 8	0.467 8	0.481 3
0.3	0.401 2	0.410 2	0.422 0
0.4	0.351 8	0.353 5	0.368 3
0.5	0.283 6	0.286 4	0.298 5

由表 2 可以看出,由实际测量而计算的排气量 Q_1 与测试系统测量 Q_2 的排气量相差很小,且两种排气量测试方法测得的排气量与理论排气量十分接近,该系统具有相当高的准确性。

4 结束语

结合现代测控技术设计的、基于计算机辅助系统的活塞式压缩机测试原理,与以前相比,测试技术有了很大的改进,快速性、可靠性、准确性等优点也越来越明显。与改进前相比,新的压缩机实验装置测试技

术利用计算机技术完善了数据采集功能,不仅为操作人员提供了直观形象的画面,而且能够记录每个采样周期内压力变化的具体数据,为进一步的工程计算分析提供了可能。

该测试系统具有以下特点:

(1) 高速度。微机测试系统的数据采集与处理、显示与记录,都是在预先编好的测量程序的统一指挥下完成的。因此它的测量速度比常规的人工测量快。

(2) 高精度、高效率。由于测试系统的测试速度快,可以进行多次重复测量,使随机误差的影响大大减少。

(3) 试验数据的实时处理。及时提供试验结果,测试系统高速采集试验原始数据后,可根据操作者需要进行处理。也可以把原始数据存盘,以备以后处理之用。

参考文献(References)

- [1] 朱根兴,黄中原. 基于微机的压缩机性能测试系统设计[J]. 应用科技,2004,31(51):9-10.
- [2] 孙 杰,金 珊. 微机自动检测活塞式压缩机指示图的应用[J]. 流体机械,2001,29(4):27-30.
- [3] 顾海明,周勇军. 往复式压缩机性能测试系统装置研制与运用[J]. 实验技术与管理,2010,27(9):58-63.
- [4] 魏 龙,李建新,王 悦. 活塞式压缩机电子式指示图测试装置的改进[J]. 石油机械,2003,31(6):44-46.
- [5] 李 云,姜培正. 过程设备设计[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [6] 张也影. 流体机械[M]. 北京:高等教育出版社,1999.
- [7] 范云霄,隋秀华. 测试技术与信号处理[M]. 北京:中国计量出版社,2006.
- [8] 慎世珍,李连生. 使用 VC++ 开发基于 PC 机的压缩机性能测试系统[J]. 压缩机技术,2004(1):4-7.
- [9] 陈 辉,陈志平,张巨勇,等. 基于 AVR 单片机的小型螺杆空气压缩机控制器开发[J]. 机电工程,2011,28(4):457-460,463.
- [10] 方志民,梁 辉,鲍雨梅,等. 单片机在活塞式压缩机性能实时检测中的应用[J]. 机电工程,1997,14(2):12-13.

[编辑:洪炜娜]