XMB 隔膜泵性能参数测试系统的研究*

马明建，汪遵元，郭志东，尹凤福
（山东工程学院农业工程系）

摘　要：介绍了活塞式隔膜泵流量、压力、转速、转矩性能参数的测试和处理方法，以及基于 PC 机的测试系统硬件组成、系统传感器的标定和抗干扰措施。系统软件采用面向对象语言 Delphi for Windows，应用了虚拟仪器设计思想和模块化设计思想进行编程。实验结果表明，该系统可靠性好、结构简单、测试精度高，满足国标 GB7784—87 规定的测量精度。

关键词：隔膜泵　性能　测试
文献标识码：A　　文章编号：1005-6254(2000)04-0012-04

1　引言

隔膜泵由于用膜片将运动机构与液体隔离，所以耐腐蚀性较好，在农业、植保等方面得到广泛应用。从检验设计、加工质量及产品的性能等方面考虑，需要对隔膜泵的性能参数进行测试。笔者在研究隔膜泵性能参数测试系统时，依据国家标准 GB7784—87 来进行系统设计。

本文研究了活塞式隔膜泵流量、压力、转速、转矩性能参数的测试和数据处理方法，以及基于 PC 机的测试系统硬件组成以及系统中传感器的标定和抗干扰措施。系统软件采用面向对象语言 Delphi for Windows，应用了虚拟仪器设计思想和模块化设计思想进行编程。实验结果表明，该系统可靠性好、结构简单、测试精度高，满足国标 GB7784－87 规定的测量精度。

2　试验装置的组成

隔膜泵性能试验装置采用闭路循环形式，依据国家标准 GB7784—87《机动往复泵试验方法》的规定[1]，本系统测试装置主要由平台、调速电机、转速转矩传感器、隔膜泵、压力传感器、空气室、稳压罐、流量传感器、液温传感器、储液罐、输液管路等组成。试验装置如图 1 所示。

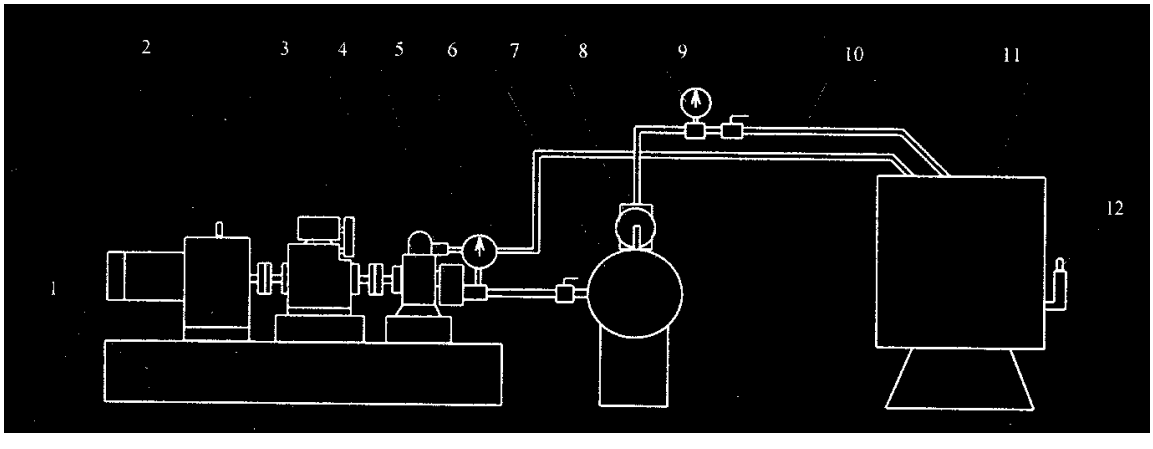

图 1　XMB 隔膜泵性能试验装置

1. 平台　2. 调速电机　3. ZJ 转速转矩传感器　4. 隔膜泵　5. 空气室　6. 阻尼远传压力表　7. 稳压罐　8. LPGF 过滤器　9. LWF 流量传感器　10. 输液管路　11. 储液罐　12. 液温传感器

* 山东省教委重点学科建设资助项目。
第一作者简介：马明建(1953.3－)，男，山东工程学院农业工程系副教授，山东省淄博市(邮编：255012)。

3　测试系统的构成

测试系统由 ZJ-10 转速转矩传感器、PY-1A 转速转矩仪、YTT-150B-Z 差动远传压力表、LWF 涡轮流量变送器和流量指示积算仪、液温传感器、PC/486 计算机、A/D 接口板、打印机等组成。测试系统的组成如图 2 所示。

4　流量的测量与处理

国标 GB7784—87 规定,流量测量一般采用容积法、质量法或流量计法。采用流量计法测量流量时,应保证进入流量计的液流是稳压流。由于只有流量计法便于用计算机进行数据采集和处理,因此,本系统采用由 LWF 涡轮流量变送器与流量指示积算仪构成的流量计测量流量(为了确保进入流量计的液流是稳压流,除了隔膜泵上的空气室起到稳压消除液流脉动的作用外,还在系统的测量装置上设计了稳压罐来进一步稳定液流)。涡轮流量计具有测量精度高、测量范围广、压力损失小、反映快等优点。其精度可达 ±0.1% ~ ±0.2%,压力损失一般在 0.005~0.075 MPa,时间常数只有几毫秒至几十毫秒,可测瞬时值,也可以测量某一定时间内的平均值,同时可以累计。本系统的涡轮流量计在使用之前经过计量部门检定,精度达到 1 级。

隔膜泵流量的测量是在泵额定转速下进行,由于多方面的原因,试验泵的转速有时不为额定转速,需要按下式将测量到的流量换算为额定转速下的流量。

$$Q_\tau = Q(n_\tau / n)$$

式中　Q_τ—— 换算到额定转速下的流量,L/min

Q—— 试验泵速下的流量,L/min

n_τ—— 额定泵速,r/min

n—— 试验泵速,r/min

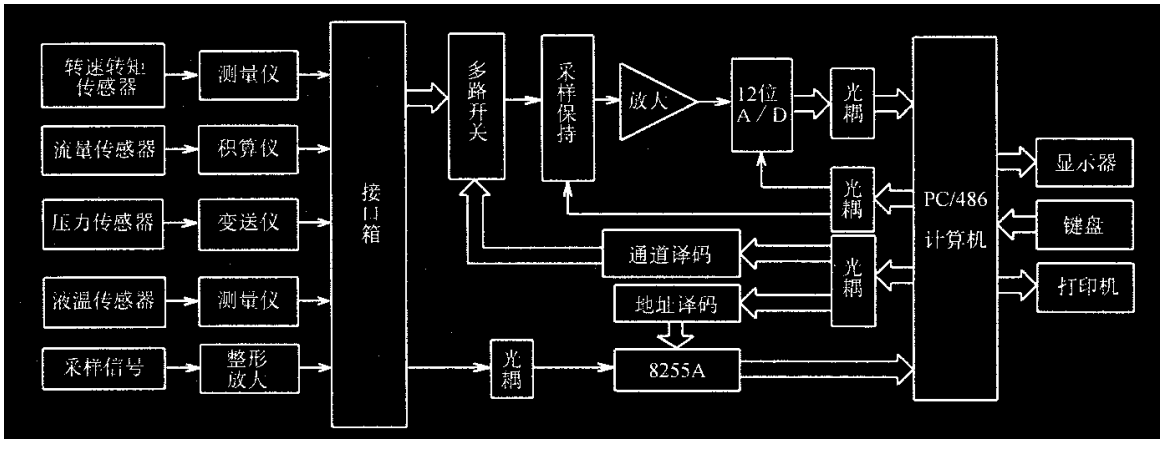

图 2　测试系统结构

5　压力的测量与处理

隔膜泵排出压力采用差动远传压力表测量,该压力表输出 0 ~ 20 mA 直流电流信号,易与 A/D 转换器接口,采用阻尼油消除压力波动的影响,因此可获得稳定的压力信号。该压力表在使用之前经过计量部门检定,精度为 1 级。

排出压力按下式计算:

$$p_d = G_d + \rho g Z_d \times 10^{-3}$$

式中　p_d—— 排出压力,MPa

G_d—— 泵出口处压力表或传感器读数,MPa

Z_d—— 压力表中心至泵基准面的垂直距离,m

g—— 重力加速度,取 $g = 9.81 m/s^2$

万方数据

6　转速和转矩的测量与处理

隔膜泵转速、转矩采用 ZJ-10 转速转矩传感器与 PY-1A 转速转矩仪配合测量,其中,ZJ-10 转速转矩传感器与泵和调速电机同轴连接安装。转速、转矩仪在使用前经计量部门检定,精度达到 1 级。另外,笔者曾用精密光电转速仪检验,测速误差仅为 ± 1 r/min。

在隔膜泵的性能试验中,隔膜泵的轴功率 P(kW) 和效率 η 的计算公式为:

$$P = \frac{\pi}{30\,000} M n_{dr}$$

式中　M—— 转矩,N · m

n_{dr}—— 转速,r/min

$$\eta = \frac{p_{out}}{p} \times 100\%$$

式中 p_{out}—— 泵的输出功率,kW

$$p_{out} = \frac{PQ}{60}, \quad kW$$

当试验泵速与额定泵速不同时,泵的轴功率按下式换算为额定泵速下的轴功率:

$$P_{ir} = P\frac{n_r}{n}$$

式中 P_{ir}—— 额定泵速下的轴功率,kW

n_r—— 额定泵速,r/min

7 测量参数的标定

对测量参数标定的目的是找出被测物理参数与二次仪表输出信号电压值之间的关系[2],以便在计算机中完成采样数据转换成物理参数值的工作。标定方法如下。

(1) 转速标定 由于隔膜泵工作转速一般为 600 r/min,因此确定转速在 550~650 r/min 范围内标定。在转速为 550 r/min 处,测量转速转矩二次仪表输出信号的电压值,然后每增加 10 r/min,测量、记录二次仪表转速的输出信号电压值,最终将 550~650 r/min 范围的转速变换为有限个输出信号电压值。

(2) 压力、转矩标定 由于隔膜泵工作压力 ≤2.5 MPa,因此确定压力在 0~2.5 MPa 范围内标定。在 0 MPa 处测量压力二次仪表输出信号的电压值,并记录此刻转矩值和二次仪表转矩输出信号的电压值,然后调节流量阀门增加泵的工作压力,每增加 0.5 MPa 重复以上测量、记录二次仪表输出信号的电压值。

(3) 流量标定 由于隔膜泵设计流量为 50 L/min,因此确定流量在 0~55 L/min 范围内标定。在流量为 0 L/min 处测量流量指示积算仪输出信号的电压值,然后调节流量阀门改变流量,每增加 10 L/min 测试、记录流量指示积算仪输出信号的电压值。

为了保证各测量参数的标定精度,在各标定点上采集数据的次数不少于 3 次,然后取平均值作为该标定点的实际输出信号电压值,并存储在计算机程序中。在以后的测试中,只需将采集到的信号电压在相应的标定段内按以下计算式分段插值,即可完成信号电压值的标度变换,得到相应的物理参数值,分段插值计算公式如下。

$$y = y_{i-1} + \frac{(y_i - y_{i-1})(x - x_{i-1})}{(x_i - x_{i-1})}$$

式中 x—— 测试点的信号电压值

y—— 测试点插值得到的物理参数值

x_i—— 标定点的信号电压值

y_i—— 标定点的物理参数值

8 测试软件的设计

在设计测试软件时,充分考虑到系统的易用性和美观的用户界面的要求,以及软件开发的趋势。本系统软件采用面向对象语言 Delphi for Windows,应用了虚拟仪器设计思想和模块化设计思想进行编程。主要由数据采集模块、数据处理模块、图形显示打印模块、系统说明模块和文件管理模块组成。

8.1 数据采集模块

数据采集模块主要由系统初始化、数据采集等部分组成。

系统初始化部分包括 A/D 清零、A/D 通道选择、确定测试工况点数和采样频率等内容。A/D 清零和 A/D 通道选择要根据 A/D 接口板的具体要求进行。测试工况点数按国家标准一般取为 13~15。本系统依据出水压力分级(0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5)和测试方法(出水压力从小变到大,然后从大变到小,再从小变到大),确定测试工况点为 18 个。为防止尖峰脉冲和电网工频干扰对测试精度的影响,确定在 20 ms 的工频周期内,一个测试工况点上连续采集 16 个数,则采样周期为 1.3 ms($\frac{20\ ms}{16} = 1.3\ ms$)。

8.2 数据处理模块

数据处理模块包括 采样数据平均值法处理、性能参数的计算和性能曲线的绘制等。

采样数据平均值法处理的目的是减少数据中的"噪声",提高数据的可信度。将每一工况点的 16 个采样数据中的最大值和最小值去掉,剩下的 14 个采样数据取平均值,这样从软件上可消除尖峰脉冲的干扰。

性能参数有流量、泵效率、功率、泵速、压力等。性能参数按以上公式计算,然后折算成标准转速下的计算结果。

性能曲线分为流量—压差、泵效率—压差、功率—压差和泵速—压差 4 条关系曲线。由于 18 个工况点的数据不一致,为保证性能曲线的绘制

万方数据

精度,首先依据压力(0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5)将 3 组 18 个工况点合并为 1 组 6 个工况点。在合并中,各工况点的相应参数按下式计算后,作为该工况点的数据。

$$\bar{Y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Y_i$$

式中 n —— 各工况点上合并的数据个数,此处 $n = 3$

由于性能曲线常被作为准确的资料,因此,性能曲线绘制有一定的精度和平滑要求。一般采用最小二乘法或样条法。本系统采用三次参数样条法拟合性能曲线。

9 抗干扰措施

隔膜泵试验台在试验时,振动噪声较大,其次试验台使用的调速电机在起动、调速过程中均会发出很强的干扰脉冲,因此,测试现场存在各种干扰源,要保证系统的测试结果有较高的可信度,抗干扰问题显然是一个不能忽视的问题。本系统采取以下抗干扰措施[3]。

(1) 良好的接地是实现信号测量的关键,接地不良会产生严重的干扰,本系统数字地与模拟地严格分接,只在一点共地。

(2) 从测量传感器到计算机的信号线使用双绞屏蔽线,以减少信号线的引入干扰,并在信号接收端处,金属屏蔽层一端接地。

(3) 采用光电耦合器对 A/D 接口板实施三总线隔离,以阻断外界与计算机的电气联系,避免外界对计算机内部的干扰。

(4) 采用双端方式采集模拟信号,以提高系统抗共模干扰的能力。

(5) 多路开关中暂时不用的模拟通道均与接口板的模拟地短接,以避免模拟通道之间的串扰。

(6) 数据采集采取重复采样后取平均值的方法,以消除尖峰脉冲和电网工频的干扰。

10 测试结果

本系统对曾经由国家水泵检测中心检测过的 XMB250 隔膜样泵进行了重复测试,测试结果基本一致,这证明本系统的设计是可行的,测量数据是正确、可靠的。

11 结束语

(1) 测试系统中的压力、流量、转速和转矩等参数经传感器采集成电信号后,接着用相应的二次仪器进行放大和处理,可避免外界干扰和信号处理方法对测试精度的影响。

(2) 采用分段插值法进行测试数据的标度变换,有利于保证数据的变换精度。

(3) 系统中的压力、流量、转速与转矩传感器和相应的二次仪器,均在使用前由计量部门进行误差检定,然后将误差值存入计算机,以便系统工作时实时误差补偿,从而保证系统的测试精度。

(4) 测试系统在研究过程中,严格按照国家有关标准,综合应用了数据采集与处理的多种技术思想,集测试、数据处理于一体,测试精度高,工作稳定可靠,结构简单,便于推广应用。

参 考 文 献

1 中国标准出版社总编室. 中国国家标准汇编(92 卷). 北京:中国标准出版社,1992:255~279
2 沈兰荪. 数据采集技术. 合肥:中国科学技术大学出版社,1990:225
3 肖冬荣. 微型计算机实时控制系统的抗干扰技术. 武汉:湖北科学技术出版社,1985:10~121

Studies on the XMB Diaphragm Pump Performance-parameter Measuring System

MA Ming-jian, WANG Zun-yuan, GUO Zhi-dong, YIN Feng-fu
(Department of Agricultural Engineering, Shandong Institute of Technology, Zibo Shandong 255012 China)

Abstract: It introduces how to measure and deal with the performance parameter about the flow rate, pressure, speed and torque of piston diaphragm pump. It also shows calibration of system sensor and anti-interference measures and the hardware of measuring system is based on PC. Object language Delphi for Windows is adopted in the system software. Both fictitious instrument and modularization design ideals are used for programming. Experiment results disclose fine reliability, simple structure and exact measuring so it reaches the national standard GB7784—87.

万方数据

Key words: Diaphragm pump, Performance, Measuring