基于LabVIEW的泵装置特性的自动测试

汤 跃，骆 寅，许燕飞
（江苏大学 流体机械工程技术研究中心，江苏 镇江 212013）

摘 要：针对采用经验公式计算泵装置特性易产生偏差的现状，提出了一种实测泵装置特性的方法.通过吸入管吸水断面、泵吸入口断面以及泵出口断面、阀后断面的能量方程，推导了装置的管路特性公式.采用变频器调节流量，测量公式中相关参数，可以确定管路损失；再测量装置末端压能和所提升的高差，并拟合各数据点，可以得到泵装置的实际特性.用NI虚拟仪器、LabVIEW编程平台组成了测试系统，将推导的模型公式及相关数据编入图形化程序，便能根据数据点自动生成装置特性曲线，实现泵装置特性的自动测试.与传统经验计算所得的特性曲线相对比，本研究所得曲线基本吻合.

关键词：水泵装置；装置特性；虚拟仪器；LabVIEW；数据采集
中图分类号：TH3 **文献标志码**：A **文章编号**：1005-6254(2009)02-0091-04

Automatic test for pump system characteristics based on LabVIEW

Tang Yue, Luo Yin, Xu Yanfei
(Technical and Research Center of Fluid Machinery Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

Abstract: An approach for measuring pump set characteristics was presented to change the status that the pump system characteristic calculated by the empirical formula was not exact. The formula of the pump set pipeline characteristic was derived by means of the energy equation of the inhalation of water-absorbent cross-section tube, pump intake cross-section, pump outlet cross-section and the cross-section of valves. Therefore, the actual characteristics of pump setting could be easily calculated through measuring the relevant parameters in the formula to determine the pipeline losses, the pressure at the end of device and the upgrade elevation when the flow was being regulated by the inverter. In the measurement system which is composed of the virtual instrument and the LabVIEW, the automatic testing of the pump set characteristics is realized easily by inputting the relevant data in the program. The pump set characteristic curve was measured by use of the testing system and was basically consistent with the calculated value.

Key words: pumping pipeline; pump set characteristics; virtual instrument technology; LabVIEW; date acquisition

水泵的运行是由泵特性及装置特性共同决定的.长期以来，水泵特性通过试验获得[1,2]，而装置特性基本依靠经验公式计算得到[3-7]，且随着装置的运行，会由于管路堵塞等因素，导致装置特性发生变化，这样就会产生偏差.因此，本研究拟通过水泵装置的能量方程，推导装置的管路特性公式，并根据装置的提升高差和压能数据，得到装置特性，实现泵装置特性的实时测量.采用LabVIEW软件及NI虚

收稿日期：2009-02-25
基金项目：江苏省自然科学基金资助项目(BK20007706)
作者简介：汤 跃(1959—)，男，江苏镇江人，副研究员(tomt@ujs.edu.cn)，主要从事泵系统节能运行与控制理论研究.
骆 寅(1986—)，男，河南固始人，硕士研究生(luoyin1986@hotmail.com)，主要从事泵系统节能与控制技术研究.

万方数据

拟仪器组成的测试系统，将推导的模型公式及相关数据编入图形化程序，使装置特性能根据数据点自动生成，实现泵装置特性的自动实时测试.

1 水泵装置特性测试原理

1.1 泵装置

装置如图1所示，由离心泵、进口管路、出口管路、阀门等组成. 在该测试系统中，水泵使用的是额定流量6 m^3/h，额定扬程15 m，额定转速2 900 r/min，额定功率1.5 kW的离心泵；进口管路段的管径为40 mm，出口段的管径为25 mm；进口段距水平面的高度为950 mm，出口段距水平面的高度为1 500 mm.

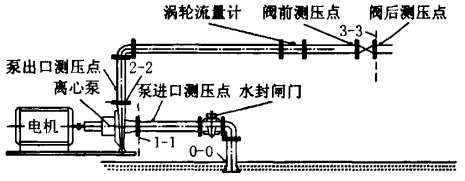


图1 水泵装置特性测试系统

Fig. 1 Composition of pump setting characteristics test device

1.2 泵装置特性公式推导

见图1，该装置的4个断面中，以0－0断面为例：p_{0-0}为断面0－0的绝对压力，z_0为断面0－0至参考断面0－0的高差，v_0为断面0－0处的流速.

由水力学相关原理，水泵装置的数学模型由下式表示

$$H_A = H_{stat} + H_{dyn} \quad (1)$$

式中H_A为装置扬程；H_{stat}为净扬程；H_{dyn}为与流速有关的水头. H_{stat}与H_{dyn}的计算式如下：

$$H_{stat} = z_3 + H_p \quad (2)$$

$$H_{dyn} = \sum h_f + \frac{v_{3-3}^2 - v_{0-0}^2}{2g} \quad (3)$$

式中$H_p = \frac{p_{3-3} - p_{0-0}}{\rho g}$，吸入液面压力$p_{0-0}$为大气压力，因此$H_p$就为装置末端相对压力水头$\frac{p_{3-3}}{\rho g}$.

式(3)中，$\sum h_f$由吸入管的管阻$\sum h_s$和泵排出管的管阻$\sum h_d$组成，即

$$\sum h_f = \sum h_s + \sum h_d \quad (4)$$

对吸入管吸水断面0－0至泵吸入口断面1－1，以及泵出口断面2－2至阀后测压断面3－3，分别列伯努利能量方程：

$$z_1 + \sum h_s + \frac{p_{1-1}}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_{0-0}}{\rho g}$$

$$z_3 + \sum h_d + \frac{p_{3-3}}{\rho g} = \frac{p_{2-2}}{\rho g} + z_2$$

则

$$\sum h_s = \frac{p_{0-0} - p_{1-1}}{\rho g} - z_1 - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_1}{\rho g} - z_1 - \frac{v_1^2}{2g} \quad (5)$$

$$\sum h_d = \frac{p_{2-2} - p_{3-3}}{\rho g} + z_2 - z_3 = \frac{\Delta p_{2-3}}{\rho g} + z_{3-2} \quad (6)$$

以上两式中p_1为泵吸入口表压；Δp_{2-3}为断面2－2至3－3的相对压差；z_{3-2}为断面3－3至2－2的高差.

将式(5)，(6)代入式(4)得

$$\sum h_f = \frac{p_1 + \Delta p_{2-3}}{\rho g} - \frac{v_1^2}{2g} + z_{3-2} - z_1 \quad (7)$$

根据式(2)～式(4)，采用变频器调节流量，并拟合各数据点，就可得到泵装置的实际特性.

2 测试硬件的组成

水泵装置特性测试系统包括3部分：泵－水循环系统、信号采集数据分析处理系统以及水循环自动控制运行系统[5-8]，如图2所示.

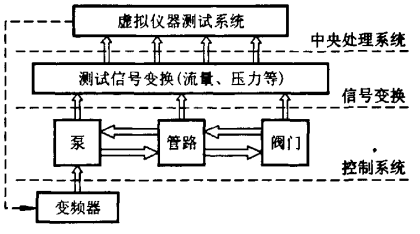


图2 水泵装置特性测试系统原理

Fig. 2 Principle of test device for pump setting characteristics

在水泵装置特性测试中，需要测量流量和各管段处的压力. 在该测试系统中，流量采用的是精度为±0.5%的涡轮流量计；压力传感器的型号是CYG1103，精度为±0.2%，输出4～20 mA，量程分别为－100～100 kPa和0～1 MPa. 数据采集采用NI公司研制的基于PCI Express便携式PXI－1042Q机箱. 它提供了更高的数据采集带宽，集成了业界最好的同步和定时技术，并能与现有的软件和1 000多种PXI模块兼容. 该机箱通过增加吞吐量和改进测

万方数据

量精度保证了数据采集更加地实时和准确，采集板卡采用 PXI－6253，其采集速率能达到 2 MS/s（每秒钟可以保存 2 M 个点），具有 16 个电压采集通道和 2 个电压生成通道[9,10].

3　测试软件

整个测试软件采用 LabVIEW 平台编程. LabVIEW 使用 G 语言，编程简单，加快了开发周期. 其图形化的开发环境，可以快捷地创建图形化用户界面，用虚拟仪器形象地显示实时压力、流量等数据. 并且可以通过 LabVIEW 中相应的数据处理模块实现数据的实时处理，并以图表的形式展示出，如图 3，图 4 所示.

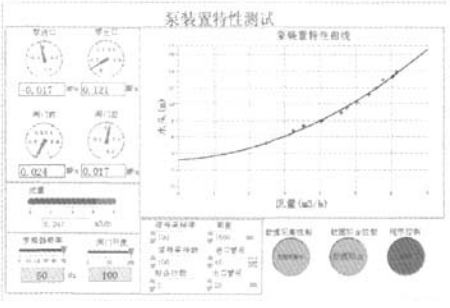


图 3　水泵装置特性测试界面

Fig. 3　Front panel of pump setting characteristics test software

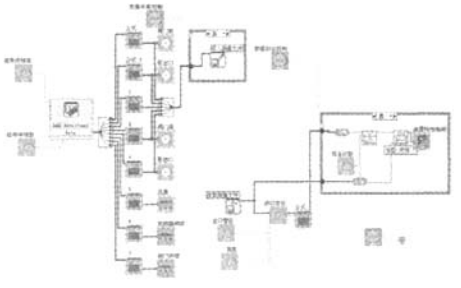


图 4　水泵装置特性测试程序框图

Fig. 4　Program of pump setting characteristics test software

3.1　数据采集程序模块

利用 LabVIEW DAQ assistant 中的设置直接实现电信号的采集[11]，见图 5. 由于采集到的是传感器的输出电压值，必须根据采集的电压值、传感器的输出范围、量程，来将其转化为所测物理量：

$$\left(\frac{w_{\max}-w_{\min}}{v_{\max}-v_{\min}}\right)(v_{\text{input}}-v_{\min})+w_{\min}=w \tag{8}$$

式中 $w_{\max}$，$w_{\min}$ 分别为传感器测量量程的最大值和最小值；$v_{\max}$，$v_{\min}$ 分别为传感器输出最大值和最小值；v_{input}，w 则为实际输入的电信号值和实际的物理量. 在 LabVIEW 中，通过使用数学计算模块编辑公式，就可以实现由采集到的电信号到物理量的计算.

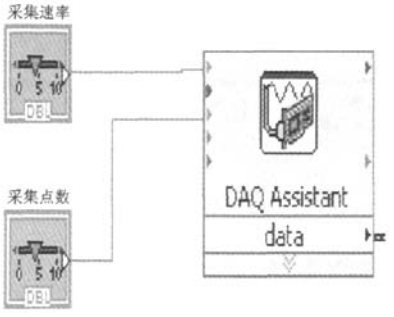


图 5　数据采集程序模块

Fig. 5　Program of date acquisition

3.2　数据处理模块

使用 LabVIEW 的功能函数 Write To Measurement File 子 VI 来实现测试结果同步记录，并可根据设置，存放在指定文本文件中，以便进行后续的处理及分析. 水泵能量性能曲线拟合采用一般多项式拟合数学模型，这种方法拟合精度高，适用范围广，拟合结果理想，X，Y 端子分别输入 x 和 y 坐标的数组，BestPolynomialFit 端子输出最佳拟合点. 模块如图 6 所示.

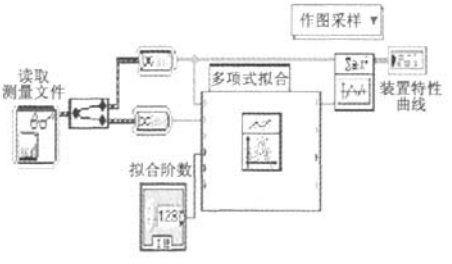


图 6　数据处理程序

Fig. 6　Program of date progressing

4　测试结果分析

图 7 即为试验中所测得的该装置系统特性曲线与设定为计算值的对比. 由图可见，实测的装置特性曲线与计算所得的曲线基本吻合，这说明，使用该试验装置能够实测泵装置特性.

万方数据

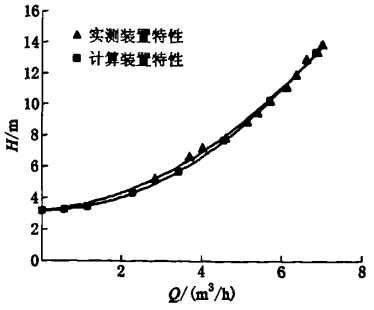


图7 实测装置特性曲线与实际计算值对比
Fig. 7 Comparison between measured values and calculated values

5 结 论

泵装置特性的研究是泵运行研究的必要阶段，对其具有一定的参考价值.

1)本研究结合虚拟仪器，利用图形化编程软件LabVIEW和泵开式试验台，组建开发了泵装置特性测试系统. 该系统具有数据实时处理，开发周期短，扩展性强，硬件设备投入少，以及测试性能优良等优势.

2)利用该测试系统不但可以研究泵装置特性与泵运行之间的相应规律，而且通过虚拟仪器控制系统和变频器构成泵运行控制的研究试验台，能够成为泵运行科学研究的综合型试验台.

参考文献(References)

[1] 施卫东，张德胜，郎 涛，等. 基于LabVIEW的水泵性能测试系统的设计[J]. 排灌机械，2007，25(3)：38－41.
Shi Weidong, Zhang Desheng, Lang Tao, et al. Development of pump performance test system based on LabVIEW[J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2007, 25(3): 38－41. (in Chinese)

[2] 严登丰，叶 健，陈茂满，等. 泵及泵装置效率表达与换算[J]. 排灌机械，2007，25(1)：1－8.
Yan Dengfeng, Ye Jian, Chen Maoman, et al. Pump efficiency and conversion methods for efficiency [J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2007, 25(1): 1－8. (in Chinese)

[3] 王乐勤，徐鸣泉，吴大转. 基于LabVIEW的水泵综合特性测试系统研究[J]. 流体机械，2005，33(2)：33－35.
Wang Leqin, Xu Mingquan, Wu Dazhuan. Testing system study on general performance of water pump by LabVIEW[J]. *Fluid Machinery*, 2005, 33(2): 33－35. (in Chinese)

[4] Williams A A. The turbine performance of centrifugal pumps: a comparison of prediction methods[J]. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of power and energy*(S0957－6509), 1994, 208(1): 59－66.

[5] Johann Friedrich Gülich. *Centrifugal Pumps*[M]. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007: 639－643.

[6] Nourbakhsh A, Jaumotte A, Hirsch C, et al. *Turbopumps and Pumping Systems*[M]. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2007: 17－30.

[7] 关醒凡. 现代泵技术手册[M]. 北京：宇航出版社，1995：93－120.

[8] 闫 玲，方开翔，姚寿广. 基于LabVIEW的多功能数据采集与信号处理系统[J]. 江苏科技大学学报：自然科学版，2006，20(3)：50－54.
Yan Ling, Fang Kaixiang, Yao Shouguang. Multi－function data acquisition and signal processing－system based on LabVIEW[J]. *Journal of Jiangsu University of Science and Technology: Natural Science Edition*, 2006, 20(3): 50－54. (in Chinese)

[9] 罗开玉，李伯全，孙 杰，等. 基于虚拟仪器技术的应变测试系统[J]. 江苏大学学报：自然科学版，2005，26(2)：106－109.
Luo Kaiyu, Li Boquan, Sun Jie, et al. Strain measurement system based on virtual instrument technology[J]. *Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition*, 2005, 26(2): 106－109. (in Chinese)

[10] 翟乃斌，苏 建，刘玉梅，等. 车辆综合性能网络化虚拟仪器测试系统[J]. 江苏大学学报：自然科学版，2006，27(5)：417－421.
Zhai Naibin, Su Jian, Liu Yumei, et al. Networked virtual instrument testing system for automotive comprehensive performance[J]. *Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition*, 2006, 27(5): 417－421. (in Chinese)

[11] National Instruments Corporatcon. *LabVIEW data acquisition basics manual*[X]. Austin: National Instruments Corporation, 1998.

(责任编辑 张文涛)

万方数据