

文章编号:1000-582X(2004)09-0013-04

基于虚拟仪器的流量测试仪*

李凯,秦树人

(重庆大学机械学院测试中心,重庆400030)

摘要:基于虚拟仪器的流量测试仪是在传统流量测试仪的基础上,克服了传统流量测试仪的缺点,结合虚拟仪器技术开发出来的一种新型测试仪器。虚拟式流量测试仪以秦氏模型理论为基础,将虚拟仪器技术应用到流量测试领域,从硬件部分、软件部分、仪器面板3个方面详细介绍了流量测试仪的设计方法,将不同的流量测量方式模块化,用虚拟控件取代传统硬件,用虚拟仪器数字量的和显示取代传统流量测试仪的电路运算和表针显示,从而能实现流量的多线程远距离测试。

关键词:虚拟仪器;控件;流量;流量测试仪;流量系数

中图分类号:TG 156

文献标识码:A

流量测试仪是广泛应用于工业生产和生活的测试和计量仪表。流量就是在单位时间内流体通过一定截面积的量。流量测试的目的可分为监测和计量两类。流量测试仪自20世纪20年代开始出现以来,已经发展成为较为成熟、体系化、标准化的仪表系统,特别是近年来随着电子技术的发展又出现了许多新型的流量测试仪表,如电磁流量计、超声流量计等^[1]。

1 传统流量测试仪

1.1 流量测试仪的分类

传统的流量测试仪,按照测量方法和结构分类可分为:压差式流量计、容积式流量计、浮子流量计、涡轮流量计、电磁式流量计、流体振动流量计、超声流量计、质量流量计、插入式流量计等^[2]。流量测试仪的输出信号可分为脉冲信号输出和模拟电信号输出,流量测试仪基本原理如图1所示。

1.2 流量测试仪的工作原理

无论哪种类型的流量测试仪,其组成结构可分为以下几部分:流量传感器,也被称为流量变送器,各种测试仪的区别主要体现在传感器的工作原理上,是将流量信号转换为电信号的部件;流量测量器是把传感器变送出来的信号进行各种运算,得到流量、总流量、平均流量等我们需要的数值;显示输出的方式有表针指示输出、LED显示和打印机打印输出等;自动控制信号的生成是通过

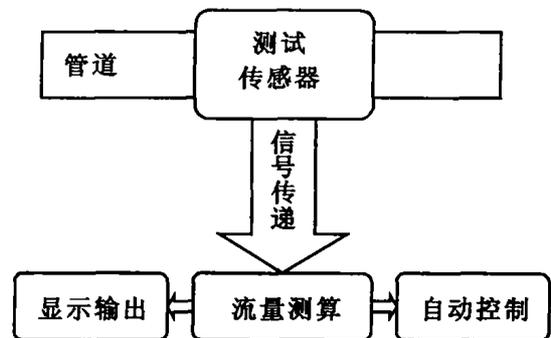


图1 流量测试仪基本原理图

各种比较电路实现的^[3]。

1.3 流量测试中常用的物性参数

流量测试中常用的物性参数有流体的体积质量(密度),流体的粘度,流体的压缩性和膨胀性等^[4]。

流体的体积质量是一重要参数,它表示单位体积内流体的质量:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

流体的粘度是表示流体内部摩擦力大小的一个参数。所有实际流体在流动时都有阻止其流体质点发生相对滑移的性质,就是流体的粘度。

流体的压缩性和膨胀性,当温度不变时,流体的体积随压力的变化而发生的相对变化率:

$$\beta = -\frac{1}{v} \cdot \frac{\Delta v}{\Delta p} \quad (2)$$

* 收稿日期:2004-06-15

作者简介:李凯(1977-),男,山东桓台人,72559部队助理工程师,重庆大学硕士研究生,主要从事虚拟测试的研究。

2 虚拟仪器

虚拟仪器是近年来随着计算机技术的飞速发展,测试技术与计算机深层次结合而发展起来的测试技术新的领域。虚拟仪器是指具有虚拟仪器面板的计算机仪器,它是由计算机、模块化功能硬件和智能化控制软件包组成的,操作人员通过友好的图形化界面和工具包控制仪器的运行,实现对被测信号的采集、分析、显示、存储和判断,以及控制信号的生成。虚拟仪器已经发展到了智能控件化虚拟仪器阶段。这是虚拟仪器一个全新的发展阶段,是虚拟仪器从整机到部件发展的一种趋势。将仪器的各个部件都控件化,形成一个个的智能虚拟控件,使原本由许多零部件“组合”、“装配”成的仪器整机,回归为一个或几个部件。这是测试仪器的全新概念,从根本上改变了人们的仪器观,使仪器用于制造的有形资源大大减少,而无形资源则大大扩展和延伸,并使仪器在设计、制造、使用、维修等方面出现新的模式。重庆大学测试中心秦树人教授提出的一种“基于秦氏模型的智能控件化虚拟仪器开发系统”就体现了以上的思想,现在已经发展为成熟的、具有庞大功能的控件化、体系化、网络化虚拟仪器。

3 虚拟式流量测试仪的设计

将虚拟仪器技术应用到流量测试领域,工作流程可分为:流量信号的转化、调制、放大、传输、采集、处理、误差修正、结果的显示、存储和输出(图2)。

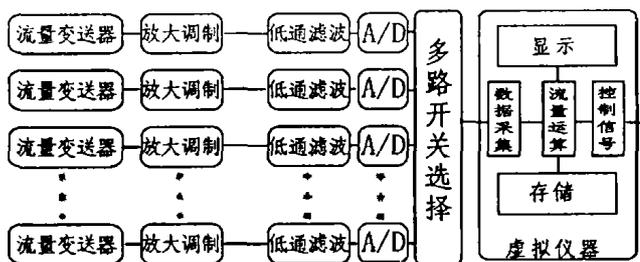


图2 虚拟式流量测试仪工作原理示意图

3.1 信号的采集和预处理

随着流量测试技术和传感器技术的发展,几乎所有的传统流量测试仪器都已经引入了各种传感器,即流量变送器都能输出电信号,又称流量转换和传感器为一级装置。一级装置的输出信号可分为脉冲电信号和模拟电信号,流量的变化频率大都很低(频率变化较大的情况如喷油嘴除外),为了实现远距离传输,要进行信号的放大和调制波加载,在接收端再对信号进行低通滤波以除去加载波和高频干扰信号。

多路选择保持和A/D转换:为了实现多点测量和

监控功能的集中,要对多路信号进行分时选择采样和保持,多路开关保持器的作用就是分时采集各个线路输入的待分析信号,并保持一段时间供处理器调用,信号进入虚拟仪器以前还需要进行模数转换。

数据采集卡的作用是将外部信号导入虚拟仪器,数据采集卡都允许多种输入信号,如频率信号、电压信号等,但有的数据采集卡对输入信号的频率或幅值有要求,而流量计的输出信号又各不相同,当后者不能满足前者的要求时,就要采用信号处理器对其进行处理,使得二者互相匹配。数据采集卡品种十分丰富,价格差别很大,但基本上都能满足需要,使用时应选择带有光电隔离的数据采集卡,以防万一误接信号线或电源线,不会损坏数据采集卡或计算机。

3.2 信号的处理

由于流量传感器的输出信号所代表的物理量各不相同,所以信号的运算处理也要根据不同的流量传感器制定不同的运算模块:

3.2.1 脉冲电信号的流量测试仪

如质量流量计、旋涡流量计、涡轮流量计、容积流量计等流量传感器的输出信号为脉冲信号,其基本的工作原理就是当一定容积的流体流过传感器时,传感器即产生一个脉冲波,因此,当知道了每个脉冲数相当于流过多少体积,就可以按下式计算流量:

体积流速:

$$W_v = K \times n \quad (3)$$

质量流速:

$$W_m = K \times n \times p \quad (4)$$

体积流量:

$$W_v = K \times N \quad (5)$$

质量流量:

$$W_m = K \times N \times p \quad (6)$$

其中 K 是脉冲当量,又称流量系数, n 为单位时间脉冲数, N 为脉冲总数, p 为流体密度^[5]。

3.2.2 模拟电信号输出流量计的体积流量

电磁流量计、浮子流量计、压差流量计、超声流量计等流量传感器的输出信号为模拟信号,但是由于各种类型的流量计输出的模拟量所表征的物理量各不相同,所以要根据不同的流量传感器制定不同的运算模块。

压差式流量计体积流量:

$$W_v = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_0 \sqrt{\frac{2}{\rho}(p_1 - p_2)} = \alpha \cdot \varepsilon \cdot A_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p} \quad (7)$$

其中, α 是流量系数,它与节流件形式、直径比、取压方

式、流动雷诺系数及管壁粗糙度等参数有关, A_0 是常数, 与节流直径有关, α 和 A_0 一般由实验测量标定, ϵ 为流体的可膨胀系数, 由流体的物理性质决定, 对不可膨胀流体 $\epsilon = 1$, ρ 是流体的密度, 对可压缩流体 ρ 取节流前的密度, p_1, p_2 分别是节流前后流体对管壁的压力, 压差式流量传感器的输出信号是两者之差^[6]。

浮子式流量计:

体积流量:

$$W_v = \alpha \cdot \pi \cdot D_f \cdot h \cdot \tan\varphi \sqrt{\frac{2g \cdot V_f \cdot (\rho_f - \rho)}{\rho \cdot A_f}} \quad (8)$$

其中, h 为浮子高度, α 为流量系数, $D_f, A_f, \rho, \varphi, \rho_f, V_f$ 均为常数, 在测量前标定, 定义

$$K = \alpha \cdot \pi \cdot D_f \cdot \tan\varphi \sqrt{\frac{2g \cdot V_f \cdot (\rho_f - \rho)}{\rho \cdot A_f}} \quad (9)$$

则有:

$$W_v = K \cdot h \quad (10)$$

K 为虚拟仪器运算中的线性加权系数, 在同一测量传感器系统中其变化只和流量系数 α 的变化有关。

电磁流量计:

体积流量:

$$W_v = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot e}{4 \cdot A \cdot B} \quad (11)$$

其中 D 为管道直径, B 为磁感应强度, A 为常数, 输出信号 e 为感应电动势, 取:

$$K = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot A \cdot B} \quad (12)$$

则有线性关系式:

$$W_v = K \cdot e \quad (13)$$

超声流量计:

超声流量计是根据超声波在不同流速中的液体传播速度的差异来反映流量的, 时差法是较为精确的一种。

体积流量:

$$W_v = \frac{c^2}{2L} \Delta t \quad (14)$$

其中声速 c 和测量长度 L 为常量, 使:

$$K = \frac{c^2}{2L} \quad (15)$$

则有线性关系式:

$$W_v = K \Delta t \quad (16)$$

模拟电信号输出流量计的质量流量:

$$W_m = \int_0^t W_v dt \quad (17)$$

3.3 系数 K 的取值

K 的赋初值是在流量计的标定时完成的, 也可通过取样完成, 虚拟仪器的引入使流量计的标定更简单准确; 在使用中 K 的取值变化受到流体各种物理性质变化的影响, 在运算中的 K 值可通过流体的各种物性传感器检测到的变化实现校正。应当注意的是, 同一个传感器, 在流量不同的情况下, K 的值有所不同, 这表明流量信号传感器存在一定的非线性, 在更精密的要求下要加入非线性校正。

3.4 控件的定制

根据各种流量计的输出信号所表征的物理量, 虚拟仪器要制作不同的运算模块, 即构建不同的虚拟仪器控件, 控件中用到的运算包括乘积运算、开平方运算和积分运算。值得注意的是在不同的运算控件都用到了系数 K , 虽然在不同的传感器模块中所代表的物理量各不相同, 但是在运算中可以只把 K 视为一个有量纲的常数。

3.5 运算流程(图 3)

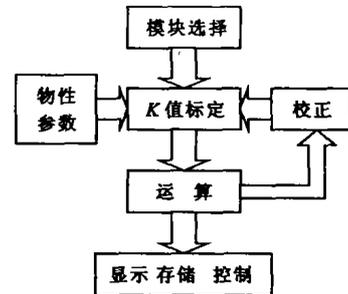


图 3 仪器运算流程图

4 基本功能

4.1 运算功能

通过运算模块实现从传感器输入信号获取瞬时流量、累积流量及平均流量。由于运算电路的非线性和组成电路的阻容元件数值受环境温度影响, 积算精度只能达到 0.5 级。而虚拟仪器的演算器, 由于运算是数字量运算, 运算部分引入的误差可忽略不计, 制约精度的主要因素是 A/D 转换部分。即使是目前比较普通的 A/D 转换器, 转换精度也可达万分之一以上, 因此, 虚拟仪器的演算精度可达 0.1 级或 0.2 级以上。

4.2 流量显示功能

在传统仪表中常用指针、棒图、数字等显示瞬时流量和累积流量。指针指示容易引人读数误差; 棒图显示, 其分辨率往往不太高; 数字显示, 既无读数误差, 分辨率又可做得很高。虚拟仪器则可通过调用不同的显示控件实现一种或几种需要的数据表现形式, 还可以以各种统计图表的形式表现, 使读数的可视化程度大

大提高(图4)。

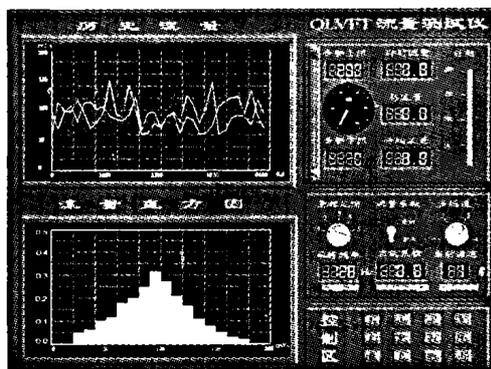


图4 仪器显示面板

4.3 多线程远距离测试功能

虚拟仪器可通过对多路通道信号的分时采集和多线程运算处理技术实现对多路信号的实时处理,多线程技术较多进程技术更快捷,并使多路信号的即时处理得以实现。现实中大部分的流量信号的变化频率较低,高频调制和解调手段使信号可以实现远距离的传输而不会产生大的信号失真。

4.4 存储和自控信号产生功能

虚拟仪器可通过不同的触发方式对流量信号进行存储,实现了无纸化即时存储。通过监控控件的参数设定,实现信号的反馈、告警及自动控制信号的生成等功能。

5 结 语

虚拟仪器和流量计的结合不仅扩充了虚拟仪器的

控件,更重要的是将流量计的运算和显示部分控件化;只需使用简单的加权运算、积分运算和除法运算即完成了从瞬时流速到瞬时流量、总流量及其平均值的计算,且有着较独立仪表高的采样频率,显示方式自由灵活、形象直观,计算机还可同时实现及时的自动控制。将虚拟仪器技术引入流量测试使得流量测试更为简单方便,能轻松实现多线程和远距离的流量测试和控制;测控界面简捷美观,人机交互简单,既节省了人力成本又降低了因人为读数造成的误差;引入多项流体的物性参数,可根据流体的压力、密度、粘度等参数实时调整系统的流量系数;虚拟仪器取代了硬件化的运算器和显示器,大大降低了成本,而且其运算速度会随着计算机技术的飞速发展而无限提高。

参考文献:

- [1] 梁国伟,蔡武昌. 流量测量技术及仪表[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 陈晓竹,陈宏. 物性分析技术及仪表[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [3] 徐科军,陈荣保. 自动测量和仪表中的共性技术[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- [4] 纪纲,蔡武昌. 流量演算器[J]. 自动化仪表,2000,21(9):20-25.
- [5] 朱益飞. 微机技术在原油流量计检定中的应用[J]. 计量技术,1999,12(2):30-32.
- [6] 钱民主. 流量计量系统中的SCADA应用[J],计算机应用,2001,27(9):13-15.

Flowmeter Based Virtual Instrument

LI Kai, QIN Shu-ren

(Test Center, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: The flowmeter based virtual instrument is a new test instrument, which has more advantages than the traditional flowmeter. This flowmeter is based on Qin's model. Apply to the flowrate measurement realm the virtual instrument technique. The design method has been introduced from hardware, software and panel, modelize the different flowrate measure way, with the virtual instrument's figural calculation and show to replace the traditional flowrate measurement, realize multi-threading long-distance flowrate measure easily.

Key words: virtual instrument; controls; flowrate; flow velocity

(编辑 成孝义)