

基于 LabVIEW 和文丘里管的气体流速检测仪^{*}李 博¹ 刘远得² 张全林²

(1. 电子科技大学中山学院 机电工程学院 中山 528402; 2. 中山市樱雪集团有限公司 中山 528427)

摘要: 针对家用燃气热水器排烟气流速流量实时检测的需求,研究了基于文丘里效应的检测装置,设计与燃气热水器排烟管相连接的文丘里管结构,开发了基于虚拟仪器平台 LabVIEW 的检测系统,应用硅膜片微差压式传感器检测文丘里管输出的差压信号,并对差压信号进行了标定实验,通过与数字风速风量仪进行检测对比试验,证明了检测装置的精度能达到应用要求,为未来在家用燃气具、厨具等产品上研发低成本、高精度的气体流速流量实时检测装置奠定了基础。

关键词: 文丘里管; 流速; 虚拟仪器; LabVIEW

中图分类号: TH81 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 460.4020

Gas velocity detector based on LabVIEW and venturi tube

Li Bo¹ Liu Yuande² Zhang Quanlin²

(1. College of Mechatronics Engineering, Zhongshan Institute, University of Electronic Science and Technology of China, Zhongshan 528402, China; 2. ZhongShan INSE GROUP CO., LTD, Zhongshan 528427, China)

Abstract: According to the detection requirement of gas velocity in exhaust pipe of water heater, a kind of detection device based on venturi effect had been researched. The venturi tube connected to the exhaust pipe of gas water heater, as well as the detection system based on LabVIEW, have been developed. The differential pressure from the venturi tube is detected by integrated silicon micro differential pressure sensor and calibrated in experiment. Compared to the result detected by digital anemometer, it proves the accuracy of the detection device introduced in this paper can meet the application requirements. This research have laid a solid foundation for the future development of gas velocity detector which applied in household appliance, with low cost and high precision.

Keywords: venturi tube; gas velocity; virtual instrument; LabVIEW

1 引言

随着我国国民经济的快速发展^[1-2],气体产品应用范围不断扩大,传统的气体流量测量主要应用于医疗、汽车、环保、化工、能源等行业。未来,随着智能家居的兴起,家用燃气热水器、抽油烟机更多行业的产品将需要应用气体流量检测技术,以提高产品智能化水平。流量传感器的精度、稳定性、环境适应能力、智能化水平和性价比等指标极大地影响着产品质量、生产效率和能耗等。在现有的气体流量测量仪中,有的主要依赖手工操作^[3-5],自动化、智能化程度低;有的适用于工程领域中主管径内介质的流量测量^[6-7],但其体积庞大,不能用于微流体的测量。也有学者在流体压力、流量检测的微型传感器方面作了一定的研究^[8-9],有助于提高流体流量检测的精度、智能化水平,但其实际应用效果仍有待进一步检验。

目前,针对智能家居产品领域如:燃气具、厨具等的气体流量检测应用研究还比较少见,研究应用虚拟仪器开发平

台 LabVIEW 和文丘里效应进行气体流量的检测,以燃气热水器为载体进行了研究试验,可以实现对燃气热水器排烟管道空气风速、流量的实时检测。

2 系统检测方案

系统检测方案如图 1 所示,燃气热水器风机将燃烧后的烟气排出,排烟管口处接文丘里管,根据文丘里效应,气体的流速、流量与文丘里管进口气压和收缩段气压之间的差压有关,采用差压传感器将差压信号转化为电压信号,通过数据采集卡获得此电压信号输入计算机,利用虚拟仪器开发平台 LabVIEW 编写的检测软件对采集到的信号进行数据处理、运算、存储、结果显示,从而得到燃气热水器排放烟气的流量、速度等参数。

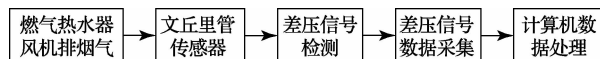


图 1 系统检测方案

3 系统检测原理

3.1 文丘里管与气体流量检测

文丘里管具有结构简单^[9-10],成本较低,性能稳定,压力损失小,不易被堵塞等特点,广泛应用于各种行业、各种介质的流量测量,文丘里差压式流量计占流量仪表总数的一半以上。采用文丘里管检测燃气热水器排烟气体的流速和流量,其原理如图 2 所示,检测时竖直安装在燃气热水器排烟管口位置。位置 1、位置 2 分别是进气段和收缩段的取压口,两取压口之间距离为 h ,在垂直于轴线的截面上的流速、气压、孔径分别为 $V_1、P_1、D$ 和 $V_2、P_2、d$ 。根据流动连续性方程和伯努利方程,可知:

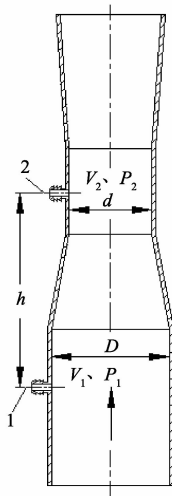


图 2 文丘里管原理

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh \quad (1)$$

$$s_1 v_1 = s_2 v_2 \quad (2)$$

式中: ρ 为管内气体密度, $s_1 = \frac{\pi D^2}{4}$ 、 $s_2 = \frac{\pi d^2}{4}$ 分别为位置 1 和位置 2 处管内截面积。

由式(1)、(2)得气体流速 v_1 、体积流量 q_v 分别为:

$$v_1 = s_2 \sqrt{\frac{2(\Delta p - \rho gh)}{\rho(s_1^2 - s_2^2)}} \quad (\Delta p = p_1 - p_2) \quad (3)$$

$$q_v = s_1 v_1 = s_1 s_2 \sqrt{\frac{2(\Delta p - \rho gh)}{\rho(s_1^2 - s_2^2)}} \quad (4)$$

由(3)、(4)可知,只要检测出文丘里管进气段和收缩段的差压值 Δp ,即可求出气体的流速、流量值。

3.2 数据采集

文丘里管获取的差压信号必须转化为电信号才能处理,本文采用硅膜片微差压式传感器(检测量程:0~100 Pa,输出电压:0.5~4.5 V),把传感器上 2 个气压输入端口分别连接在文丘里管两取压口上获取差压值,然后通过数据采集卡将差压信号输入计算机中。所采用的数据采集卡 NI USB-6009 是 NI 公司推出的一款低价位多功能数

据采集卡,具有 8 路模拟输入,14 位分辨率,采样率 48 kS/s,性价比高。

3.3 传感器标定

差压传感器输出的是电压值,必须通过标定转化为差压值。使用高精度的 testo 510 数字压差计对传感器进行标定,标定方法为:使用 GM8902 数字风速风量仪在文丘里管出口处检测风速,在相同的风速作用下,分别使用 testo 510 数字压差计和差压传感器检测信号输出值,结果如表 1 所示。

表 1 传感器标定实验结果

气体温度 $T/^\circ\text{C}$	53	56.8	63.6	69	74	76	79
出口风速 $v/(\text{m/s})$	7.5	7.9	8.7	9.2	9.5	9.76	9.9
差压值 $\Delta p/\text{Pa}$	20	23	28	31	32	34	36
传感器输出 电压 U/V	1.02	1.12	1.4	1.5	1.6	1.66	1.71

热水器所排出烟气的温度范围是 50~80 $^\circ\text{C}$,随着风机产生的气体流速的变化而变化,对传感器的影响可以忽略不计,取气体密度为 1 kg/m³。采用一元线性回归分析方法设:

$$\Delta p_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 U_i \quad (5)$$

运用最小二乘法得:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum(U_i - \bar{U})(\Delta p_i - \bar{\Delta p})}{\sum(U_i - \bar{U})^2} \quad (6)$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{\Delta p} - \hat{\beta}_1 \bar{U} \quad (7)$$

根据表 1 的数据得: $\Delta p = 21.71U - 1.9$ (8)

4 系统检测软件与实验

4.1 检测软件

本文应用虚拟仪器平台 LabVIEW 开发出气体流速流量检测仪,软件界面如图 3 所示,系统的检测流程如图 4 所示。



图 3 检测系统软件界面

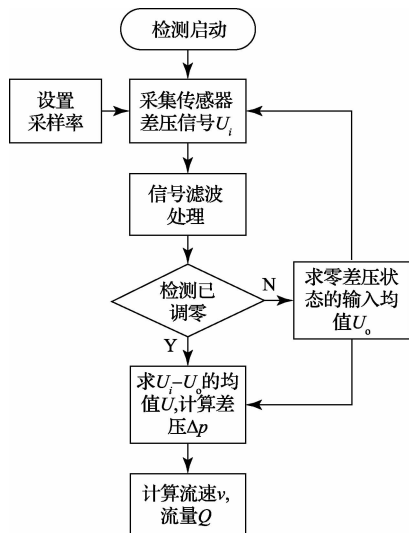


图 4 系统检测方案

1) 设置数据采集卡采样通道、采样率、单次采集点数, 对采集到的差压传感器信号 U_i , 先用中值滤波处理, 消除脉冲干扰信号, 再进行均值滤波求出采集数据的平均值。

2) 差压传感器的输出存在零点漂移, 因此设置调零功能, 在零差压状态下, 将采集到的数据按上述 1) 处理后的值作为零点漂移值 \bar{U}_0 。

3) 在进行正常检测时, 将采集到的数据处理后减去零点漂移值代入式(8)求得差压值 Δp , 再根据式(3)、(4)求得气体流速 v_1 、体积流量 q_v 。

4.2 检测实验

在燃气热水器上进行了检测实验, 实验装置如图 5 所示, 为了不影响气体流动, 将 GM8902 数字风速风量仪设置在文丘里管的出口处检测气体流速, 与此同时从文丘里管两取压口获得差压信号, 用前述理论方法计算得到文丘里管入口处的的气体流速 v_1 , 再根据流动连续性方程换算成出口处的流速 v_0 。2 种方式检测得到的实验结果如表 2 所示,



图 5 实验装置

数值的相对误差在 10% 以内, 相关系数 r 为 0.998, 因此, 可以进一步采用一元线性回归分析方法处理, 以提高检测精度。

	m/s						
GM8902 风速仪	6.42	6.80	7.40	7.59	7.85	8.02	8.35
文丘里 效应检测	5.87	6.23	6.83	6.96	7.24	7.36	7.83

5 结 论

应用虚拟仪器平台 LabVIEW 和文丘里效应开发了一种气体流速流量检测仪, 对家用燃气热水器上的排烟气流速度进行了对比检测实验, 实验证明应用文丘里效应得到的检测结果与数字风速仪的检测值基本接近, 项目的研究为未来在家用燃具、厨具等产品上研发低成本、高精度的气体流速流量实时检测装置奠定了基础。

参考文献

- [1] 张晋涛, 杜玉红, 陈小龙, 等. 气体流量压力测试系统[J]. 机电工程技术, 2011, 40(10): 83-86.
- [2] 向德华. 基于虚拟仪器技术的气体小流量自动检定系统[J]. 工业计量, 2014, 24(2): 36-39.
- [3] 綦磊, 张涛, 蒲诚. 编码激励带宽对超声气体流量测量性能的影响[J]. 电子测量技术, 2010, 33(6): 50-52.
- [4] 胡猛. 带温压补偿的气体流量计算模块的设计及应用[J]. 自动化应用, 2015(1): 18-19.
- [5] 唐峰, 游春莉, 李林旭. 一种气体流量检测计设计[J]. 数字技术与应用, 2011(11): 68-69.
- [6] 杨世杰, 唐武忠. 大管径气体流量测量设计研究[J]. 测控技术, 2012, 31(8): 9-11.
- [7] 刘玉萍, 姜仲霞, 谭建明, 等. 大口径气体流量标准装置[J]. 自动化与仪器仪表, 2014(11): 75-77.
- [8] 高杨, 代富, 席仕伟, 等. MEMS 气体流量传感器的简易流量测试装置[J]. 传感器与微系统, 2014, 33(8): 109-112.
- [9] 杨国清, 廖彦剑, 杨军, 等. 一种多通道微流控芯片压力检测方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(11): 2546-2551.
- [10] 苏彦勋, 盛健, 梁国伟. 流量计量与测试[M]. 北京: 中国计量出版社, 2007: 75-76.
- [11] 杨海波, 黄民, 高宏. 文丘里管出口截面积对粉末流速的影响[J]. 装备制造技术, 2013(1): 7-9.

作者简介

李博, 1977 年出生, 讲师, 工学硕士。主要从事机器视觉检测技术、虚拟仪器技术应用的研究。

E-mail: superblee@163.com