

文章编号:1671-251X(2012)11-0061-03

蒋泽,郝叶军,刘炎.一种矿用皮托管式风速传感器设计[J].工矿自动化,2012(11):61-63.

一种矿用皮托管式风速传感器设计

蒋泽, 郝叶军, 刘炎

(中煤科工集团常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

摘要:针对传统风速传感器因井下特殊环境常造成超声波探头性能减弱,不能正确反映环境风速值的问题,提出一种矿用皮托管式风速传感器设计方案,详细介绍了其原理及软硬件设计。该传感器采用S型皮托管测量风的压力,利用差压芯片计算差压信号值,并根据电信号、差压信号、风速之间的对应关系求取风速信息。实验结果表明,在0.4~15 m/s风速范围内,该传感器测量误差低于 ± 0.2 m/s,且具有较好的温度稳定性、贮存特性和防潮防堵性能。

关键词:风速传感器;皮托管;差压原理

中图分类号:TD723

文献标志码:A

网络出版时间:2012-11-01 14:56

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20121101.1456.018.html>

Design of a Mine-used Air Speed Sensor Based on Pitot Tube

JIANG Ze, HAO Ye-jun, LIU Yan

(Changzhou Automation Research Institute of CCTEG., Changzhou 213015, China)

Abstract: For the problem that traditional air speed sensor always cannot properly reflect value of ambient air speed because underground environment often causes performance degradation of ultrasonic probe, the paper proposed a design scheme of mine-used air speed sensor based on Pitot tube, and introduced principle and designs of hardware and software of the sensor in details. The sensor uses S-type Pitot tube to measure air pressure, uses differential pressure chip to calculate value of differential pressure signal, and calculates air speed according to corresponding relationship among electrical signal, differential pressure signal and air speed. The experimental results show that measurement error of the sensor is less than ± 0.2 m/s in air speed range of 0.4~15 m/s, and the sensor has good characteristics of temperature stability, storage, moisture proof and dustproof.

Key words: air speed sensor, Pitot tube, differential pressure principle

0 引言

风速测量是矿井安全监控的重要环节^[1]。传统矿用风速传感器利用超声波涡街原理设计,井下特殊环境常造成超声波探头性能减弱,使传感器不能正确反映环境中的风速值,甚至出现显示读数为零的情况^[2-3]。为了使传感器正常工作,需在较短时间内清洗超声波探头,费时费力。

针对这种情况,本文提出一种矿用皮托管式风速传感器设计方案。该传感器测试精度较高,并可

以在煤矿潮湿、多粉尘的环境下较好地工作,保证了对井下风速信息的及时、准确采集。

1 皮托管式风速传感器原理

常见的皮托管有L型和S型2类。与L型皮托管相比,S型皮托管具有更好的防堵、防潮性能,因此本文采用S型皮托管测量风速。S型皮托管由2支同径管相对焊接而成,可以方便地测量风流信号的静压和全压。背对风流的端口为静压口,静压是由于空气分子不规则运行撞击于管壁上而产生的

压力。面向风流的端口为全压口,全压与静压的差值就是风速对应的差压。

皮托管式风速传感器由皮托管、差压信号采集电路、电压小信号采集电路、调理电路等组成,如图 1 所示。将传感器放入风速场中,皮托管感受风对应的压力,全压口得到全压,静压口得到静压。差压芯片采集全压和静压值并计算它们的差压,即风速对应的压力,再将差压值转换成电信号值。信号调理电路采用 C8051F350 单片机,其内带的 ADC 采集差压芯片输出的电信号。由于电信号、差压信号、风速之间呈一定的对应关系,通过电信号即可求出风速信息。为了满足测试精度,使传感器能够测试小风速,选择 24 位分辨率的 ADC,其在参考电压为 2.5 V 的情况下,理论上可以分辨 0.15 μ V 的输入电压,可以较好地满足风速测试要求。

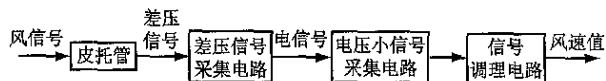


图 1 皮托管式风速传感器组成

在 20 $^{\circ}$ C 的环境下,风速与差压的关系:

$$F^2 = 1.15 \Delta P \quad (1)$$

式中: F 为风速, m/s; ΔP 为差压, Pa。

2 差压信号采集电路设计

2.1 差压芯片的选择

矿用风速传感器行业标准 MT448—2008 要求差压风速传感器测量范围为 0.4~15 m/s,基本误差不超过 ± 0.2 m/s。由式(1)可得,风速 0.2 m/s 对应的差压为 0.034 783 Pa, 4 m/s 对应的差压为 0.134 13 Pa, 15 m/s 对应的差压为 195.652 2 Pa。为了满足 MT448—2008 的要求,差压范围需要满足如下条件:

(1) 差压芯片的输入范围应该为 0.134 13~195.652 2 Pa。

(2) 为了保证在测量范围内均满足基本误差要求,必须保证在风速为 0.4 m/s 时误差不超过 ± 0.2 m/s。风速为 0.4 m/s 与 0.2 m/s 时的差压相差 0.1 Pa,因此差压波动的最大范围为 ± 0.1 Pa。

根据以上分析,本文选取高性价比、高精度的 SDP1108—R 型差压芯片,其特性见表 1。从表 1 可以看出,该芯片满足差压输入的范围要求,但不满足测试的精度要求。经过长时间的调研,没有找到能够满足风速测试精度要求的微差压芯片,但通过后期的零点校准、线性校准以及算法滤波等措施,可使

差压芯片满足精度要求。

表 1 SDP1108—R 型差压芯片的特性

参数名	参数值
量程/Pa	0~500
精度/%	0.2 (1 Pa) 典型值
分辨率/mPa	50
最大量程输出/V	4
电源/V	5

SDP1108—R 型差压芯片输出电信号与输入差压信号的对应关系:

$$V = 3.75 \sqrt{\frac{P}{500}} + 0.25 \quad (2)$$

式中: P 为输入差压; V 为差压信号对应的电压值。

由式(1)及式(2)可得,风速为 0.4 m/s 时对应的输出电压为 0.312 554 V,风速为 0.2 m/s 时对应的输出电压为 0.281 277 V,两者电压差为 31 mV。为了保证 ± 0.2 m/s 的精度,最大电压波动要控制在 31 mV 之内。

经过实际测试,在风速为 0 的情况下,该差压芯片测得的电压均值为 0.25 V,并在 ± 4 mV 范围内波动,小于 0.2 m/s 对应的电压值。由此可知,该传感器经过处理后可以识别低至 0.2 m/s 的风速。

2.2 差压信号采集电路

由于差压芯片的电压输出范围为 0.25~4 V,超出了单片机 ADC 的参考电压,故需要对其进行降压处理。差压信号采集电路如图 2 所示。利用电阻 R_1 和 R_2 对探头输出的电信号进行取样,将分压后的电信号作为取样输出信号。

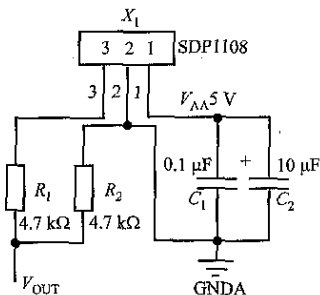


图 2 差压信号采集电路

3 皮托管式风速传感器软件设计

皮托管式风速传感器软件采用 C 语言及模块化设计方法,程序流程如图 3 所示。

4 实验测试

按照 MT448—2008 的要求,对皮托管式风速

传感器进行了常规风洞实验、温度特性实验、温度贮存实验、交变湿热实验和粉尘实验。

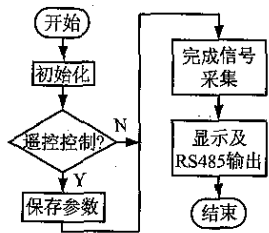


图 3 皮托管式风速传感器软件流程

(1) 实验目的

温度特性实验在 0~40℃ 工作环境下测试,验证传感器在工作温度范围内受温度变化影响后的稳定程度。

温度贮存实验是在温度为 -40℃ 和 60℃ 的条

件下做 16 h 不通电实验,实验后在试验箱中恢复室温工作条件,测定传感器基本误差,以验证传感器在极端温度贮存环境下的适应能力。

交变湿热实验是在传感器不通电状态下进行 12 d 实验,实验后在正常环境下恢复 2 h 后测定其误差。该实验用来测试传感器受潮湿环境的影响。

粉尘实验是使皮托管口与煤粉充分混合后进行风洞实验并测试传感器基本误差。该实验用来测试传感器受煤灰粉尘影响的程度。

(2) 实验数据分析

部分实验结果见表 2。可见,各实验误差均能控制在 ±0.2 m/s 范围内,说明皮托管式风速传感器具有较高的温度稳定特性,在极端温度环境下具有较佳的贮存特性,同时具有良好的防潮、防堵性能,适合在煤矿环境中应用。

表 2 部分实验结果

激励	常规风洞实验			温度特性实验			-40℃ 贮存实验		
	1 次	2 次	3 次	0℃	20℃	40℃	1 次	2 次	3 次
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4	0.5	0.45	0.3	0.44	0.55	0.37	0.22	0.26	0.3
3	3.15	3.16	2.9	3.07	3.05	3.09	3.08	3.11	3.11
6	6.09	6.11	6.17	6.04	6.04	6.09	6.07	6.07	6.07
9	8.92	9.02	9.04	9.05	9.04	9.04	9.06	9.05	9.1
12	11.9	11.9	11.99	12.05	12	11.9	12.05	12.05	12.09
15	15.03	15.1	15	15.06	15.1	14.9	15.09	15.08	15.12

激励	60℃ 贮存实验			交变湿热实验			粉尘实验		
	1 次	2 次	3 次	1 次	2 次	3 次	1 次	2 次	3 次
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.4	0.22	0.26	0.3	0.28	0.25	0.24	0.22	0.26	0.24
3	3.08	3.11	3.11	3.11	3.08	3.09	3.08	3.11	3.1
6	6.07	6.07	6.07	6.04	6.09	6.08	6.07	6.07	6.07
9	9.06	9.05	9.1	9.08	9.08	9.08	9.06	9.05	9.05
12	12.05	12.05	12.09	12.05	12.05	11.95	12.05	12.05	12
15	15.09	15.08	15.12	14.95	15.05	15.05	15.09	15.08	15.08

5 结语

矿用皮托管式风速传感器采用皮托管、差压芯片及单片机(带 ADC)实现风速测量,克服了传统风速传感器在恶劣环境下无法正常工作的缺点,能够更准确地反映风速的真实情况。实验结果表明,该传感器能将测量误差控制在 ±0.2 m/s 范围内,满足 MT448—2008 的要求,且具有较好的温度稳定特性、贮存特性和防潮防堵性能。目前该传感器已在山西某大型煤矿投入使用,效果良好。

参考文献:

[1] 黄元平. 矿井通风[M]. 徐州:中国矿业大学出版社, 1986.
[2] 董敏思,杜文军. CW-1 型超声波涡街风速传感器抗干扰及稳定性的研究[J]. 矿业安全与环保, 2000, 27(2):21-22.
[3] 曹明,曹振兴,王晓卿,等. 矿井风速传感器的设计[J]. 煤矿机械, 2010, 31(3):34-36.
[4] 潘琢金,孙德龙,夏秀峰. C8051F 单片机应用解析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2002.