文章编号:1004-2474(2008)01-0033-03

消除环境温度对倾角传感器性能影响的方法

郑永红[1,3],彭世镠[2],靳映霞[1],黄小丽[3],张福学[3]
(1. 北京邮电大学 电子工程学院,北京 100876;2. 中国科学院力学研究所,北京 100080;
3. 北京信息工程学院 传感技术研究中心,北京 100101)

摘 要:在气流式倾角传感器的研制过程中,环境温度对传感器性能有不可忽视的影响。根据气流式倾角传感器的敏感机理和流动相似律,设计了一种温度补偿电路,使环境温度与传感器内部热源温度之差保持不变,从而消除环境温度对传感器性能的影响。试验结果表明,这种方法能够实时地对气流式倾角传感器进行补偿,有效地消除了环境温度对气流式倾角传感器性能的影响。

关键词:气流式;倾角;流动相似
中图分类号:TN6 **文献标识码**:A

Method of Eliminating Influence of Environmental Temperature on Tilt Sensor Property

ZHENG Yong-hong[1,3], PENG Shi-liu[2], JING Ying-xia[1], HUANG Xiao-li[3], ZHANG Fu-xue[3]
(1. Dept. Electrical Engineer, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;
3. Center of Sensor Technology, Beijing Information Technology Institute, Beijing 100101, China)

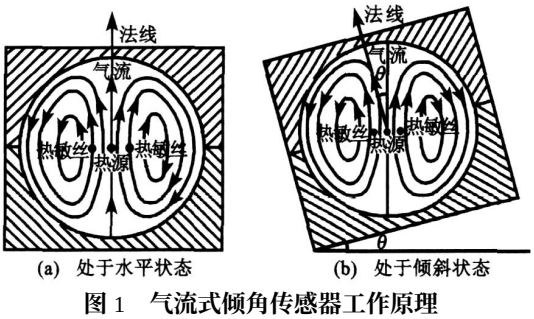
Abstract: During the research and development of gas pendulum tilt sensor, it was found that the influence of environmental temperature on sensor property couldn't be neglected. According to the sensing mechanism of gas pendulum sensor and the fluid similarity, a temperature compensation circuit that made the difference between environment temperature and inner of sensor keep invariable was designed, and consequently the influence of environmental temperature on tilt sensor property was eliminated. Experiment results showed that this method could compensate for tilt sensor on real time and effectively eliminate the influence of environmental temperature on tilt sensor property.

Key words: gas; tilt; fluid similarity

20世纪90年代,气流式倾角传感器得到了广泛应用。气流式倾角传感器的敏感质量是气体,惯性小,其具有耐冲击、响应时间短等特点,可用于工业姿态控制系统。然而,几乎所有的传感器都存在温漂问题,即灵敏度和零位电压随温度漂移。气流式倾角传感器的敏感介质是气体,敏感元件感受的是因传感器内部热源和环境温度差形成的流场温度变化。为了解决传感器性能随温度变化,目前已有的方法是从硬件和软件两个方面予以补偿[1]。但已有的方法基本上是根据漂移的变化规律进行事后补偿,即出现漂移后对漂移进行修正。根据气流式倾角传感器的敏感机理,利用粘性流体运动的相似律理论,提出通过温度补偿电路消除环境温度影响的补偿方法,并进行了试验验证。

1 气流式倾角传感器的敏感机理

气流式倾角传感器测量倾角原理如图1所示。在一横卧圆柱形密闭腔体中,设置一热源和两热敏元件。丝状热源沿腔轴放置,热敏丝对称放置与热源两侧构成测量电桥的两个敏感臂。当传感器水平放置时,两个热敏丝处于气流场中相同的温度区,电桥平衡,电压输出为零;当传感器倾斜时,水平面上方热敏丝处于温度高的位置,水平面下方的热敏丝处于温度低的位置,导致电桥失去平衡,电桥有电位差输出,输出与倾角成正比的电压信号[2-3]。



(a) 处于水平状态 (b) 处于倾斜状态

图1 气流式倾角传感器工作原理

2 检测电路

图2为气流式倾角传感器的检测电路。R_1、R_2

收稿日期:2006-11-30
基金项目:北京市传感器重点实验室开放课题基金资助项目(55062023)
作者简介:郑永红(1969-),女,河北人,讲师,博士生,主要研究方向为气流式倾角传感器。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为两热敏丝，R 为精密电阻，令 $r = R_1 + R_2$。则电桥的输出可表示为

$$V_O = V_B \frac{R_1 - R_2}{2(R_1 + R_2)} = V_B \frac{R_1 - R_2}{2r} \tag{1}$$

式中 V_B 为电桥电路的供电电压；V_O 为电路的输出电压。传感器倾斜时，两热敏丝的电阻值必然是一根丝的电阻增加，另一根丝电阻减小，且可近似认为两者温度变化的绝对值相等。故 $(R_1 + R_2)$ 基本保持不变，电桥的输出由 $(R_1 - R_2)$ 决定。

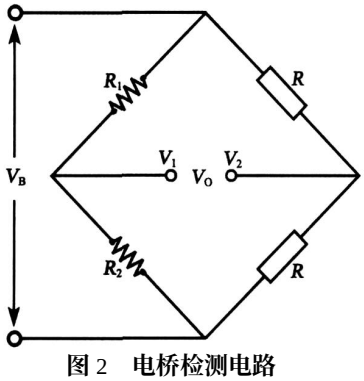


图 2 电桥检测电路

对于常用的铂电阻 Pt100 有阻值-温度 $(R-T)$ 关系式[4-5]：

$$\begin{cases} R(T) = R_0[1 + \alpha_1 T - \alpha_2 T^2 - \alpha_3 (T - 100)] & (-200 \sim 0\ ^\circ\mathrm{C}) \\ R(T) = R_0(1 + \alpha_1 T - \alpha_2 T^2) & (0 \sim 850\ ^\circ\mathrm{C}) \end{cases} \tag{2}$$

式中 R_0 是参考温度为零摄氏度下的电阻；一般国内生产的高纯度铂丝的 $\alpha_1 = 0.003\,926$。式(2)中的非线性项很小，因此可以忽略，即只取

$$R(T) = R_0(1 + \alpha_1 T) \tag{3}$$

根据式(3)，可把密闭腔体中的铂丝电阻 R_1、R_2 写为

$$\begin{cases} R_1 = R_{1(0)}(1 + \alpha_1 T_a) \\ R_2 = R_{2(0)}(1 + \alpha_1 T_b) \end{cases} \tag{4}$$

式中 T_a、T_b 分别表示 R_1、R_2 所处位置的温度。由于两根铂丝长度相同，可设 $R_{1(0)} = R_{2(0)} = R_{(0)}$，故两热敏丝的电阻差值可写为

$$R_1 - R_2 = \alpha_1 R_0 (T_a - T_b) \tag{5}$$

将式(5)代入式(1)，可得电桥输出电压和两热敏丝温度差之间的关系为

$$V_O = \frac{V_B \alpha_1}{2r} R_0 (T_a - T_b) \tag{6}$$

由式(6)可见，电桥输出电压由两热敏丝的温差决定。若环境温度不同，温度场将完全不一样，使得两热敏丝温差发生变化，从而电桥的输出电压也有差异，传感器的输出因此受到影响而出现误差；若在不同的环境温度下保持温度场相似，两热敏丝的温差不变，电桥的输出电压将保持不变，即倾角的测量将不随环境温度的变化而变化。

3 补偿方法

两热敏丝的温度由热源形成的温度场决定，故两热敏丝的温度差也由温度场决定。当环境温度发生变化时，温度场将发生变化，电桥的输出电压也将发生变化。图 3 为环境温度从 -20～+30 ℃试验中得到的倾角为 30°时的电桥输出电压。试验结果表明：输出电压随环境温度的变化而变化，当环境温度升高时，环境温度与热源的温度的差值减小，输出电压减小。

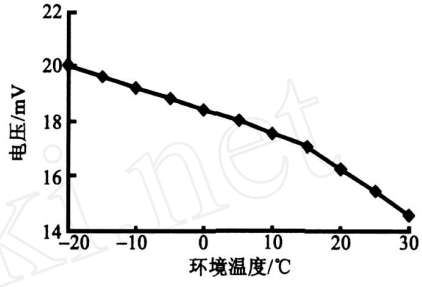


图 3 倾角 30 输出电压与环境温度的变化关系

温度场由传感器内部的热源与环境温度决定。当传感器内部的热源与环境温度的温差保持不变，由流动相似性原理可知，温度场相似，两热敏丝的温差基本不变，电桥的输出电压将基本保持不变。

上述试验出现电桥输出电压随环境温度变化是因传感器内部热源与环境温度的温差发生了改变，为此设计了一补偿电路来改变热源的温度，使热源温度与环境温度的温差保持不变，并有一最佳值，这样可提高气流式倾角传感器的性能和适用范围。补偿电路的设计是设热源供电电压为恒压，在热源供电电路上，串联一热敏电阻，热敏电阻的阻值随环境温度变化。因此，当环境温度发生变化时，热源两端的电压也发生变化，从而可以改变热源的温度大小。经适当的计算和设计可达到减小温度漂移的目的。

4 试验验证

传感器倾斜角为 30°，热源电压 $V = 1.85$ V，电桥供电电压为 1.4 V。

4.1 电桥输出电压与环境温度的关系

首先测定环境温度从 -20～+30 ℃变化时，电桥输出的电压如表 1 所示。

表 1 电桥输出电压与环境温度的变化关系

环境温度/℃	-20	-15	-10	-5	0
电桥电压/mV	20.0	19.6	19.2	18.8	18.4

环境温度/℃	5	10	15	20	25	30
电桥电压/mV	18.0	17.5	17.0	16.2	15.4	14.5

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 说明环境温度变化时(热源温度 T 不变),电桥输出电压发生变化。环境温度升高时,温度场的梯度减小,电桥输出信号减小,电桥输出信号随环境温度近似成线性变化。

4.2　测定热源温度变化 1 ℃时的电压调节值

由第一步可知,热源温度为 T 时,环境温度为 - 20 ℃、30 ℃的电桥输出电压分别为 V_{-20}、V_{+30}。现保持环境温度为 30 ℃,调节热源电压,使此时电桥的输出电压 $V'_{+30} = V_{-20}$,记下热源电压 V',设此时热源的温度为 T'。$V'_{+30} = V_{-20}$ 说明热源温度为 T'、环境温度为 30 ℃形成的温度场与热源温度为 T、环境温度为 - 20 ℃形成的温度场相似,故有

$$T - (-20\ ℃) = T' - 30\ ℃ \tag{7}$$

由式(7)有

$$T' - T = 30\ ℃ - (-20\ ℃) \tag{8}$$

即热源温度的变化等于环境温度的变化。那么,热源温度每升高 1 ℃要调节的电压值 v 应为

$$v = \frac{\Delta V}{\Delta T} = \frac{V' - V}{T' - T} = \frac{2.14 - 1.85}{50} = 5.8\ \text{mV} \tag{9}$$

由式(9)、环境温度和调整热源电压可得近似相同的输出电压信号。传感器倾斜角为其他值时,热源电压的调节规律和上述规律一致。

4.3　试验验证

以环境温度 0、热源电压 $V = 1.85$ V、电桥输出电压为基准,分别对传感器倾斜角 10°、30°和 45°进行了试验验证。

表 2 为未调整热源电压时电桥的输出电压数据。从表中数据可以看出,随着环境温度的升高,电桥的输出电压下降;随着环境温度的下降,电桥的输出电压升高。对于传感器倾斜角 10°、30°和 45°,其规律一致。

表 2　未调整热源电压时的电桥输出电压

环境温度/ ℃	电桥输出电压/ mV		
	倾角 10°	倾角 30°	倾角 45°
- 20	10.1	20.0	28.2
- 15	9.6	19.6	27.9
- 10	9.3	19.2	27.6
- 5	8.9	18.8	26.8
0	8.5	18.4	25.9
5	8.0	18.0	25.1
10	7.2	17.5	24.0
15	6.8	17.0	23.1
20	6.2	16.2	22.0
25	5.3	15.4	21.2
30	4.8	14.5	20.3

表 3 为调整热源电压后电桥的输出电压数据,热源电压根据环境温度按式(9)的规律调节。从表中数据可以看出,在热源电压根据环境温度按式(9)的规律调节后,电桥输出电压基本不变,且在传感器倾斜角分别为 10°、30°和 45°的状态下,其规律一致。

表 3　调整热源电压后的电桥输出电压

环境温度 / ℃	热源电压 / V	电桥输出电压/ mV		
		倾角 10°	倾角 30°	倾角 45°
- 20	$V - 20v = 1.73$	8.4	18.2	25.7
- 15	$V - 15v = 1.76$	8.2	18.5	25.5
- 10	$V - 10v = 1.79$	8.3	18.3	25.3
- 5	$V - 5v = 1.82$	8.6	18.5	25.5
0	$V = 1.85$	8.5	18.4	25.6
5	$V + 5v = 1.88$	8.4	18.2	25.5
10	$V + 10v = 1.91$	8.3	18.3	25.8
15	$V + 15v = 1.94$	8.6	18.2	25.5
20	$V + 20v = 1.97$	8.4	18.4	25.4
25	$V + 25v = 2.00$	8.3	18.1	25.7
30	$V + 30v = 2.03$	8.2	18.3	25.3

从上述试验验证的 3 个传感器倾斜角度下的试验结果可以看出,通过改变热源温度(这里通过调整热源电压来实现),保持热源与环境温度的差值不变,可使电桥输出电压基本不变。

试验的数据表明,通过调节热源温度的方法,使热源与环境温度的差值保持不变,即温度场保持相似;电桥的输出电压基本保持不变,即不随环境温度变化,从而消除了环境温度变化对气流式倾角传感器的影响。

5　结论

(1) 通过改变传感器内部热源的温度,保持热源与环境温度的温差不变,则电桥输出电压基本不变。

(2) 温度补偿电路能有效地消除环境温度对气流式倾角传感器的影响。

参考文献:

[1] 林　宇. 气体摆式姿态传感器的原理结构及其性能的研究[D]. 北京: 北京电子科学研究院, 2005.

[2] 张福学. 密闭腔内气流的摆特性[J]. 电子学报, 1999, 27(11): 141-142.

[3] 张福学. 自然对流气体的摆特性及其在传感器中的应用[J]. 中国工程科学, 2002, 4(8): 50-53.

[4] 潘文诚. 一种铂电阻高准确度测温方法[J]. 传感器技术, 2003, 22(11): 69-71.

[5] 胡文旭. 铂电阻精密测温研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2000, 28(4): 59-62.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net