



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106768103 B

(45)授权公告日 2019.02.12

(21)申请号 201611113010.1

(22)申请日 2016.12.07

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106768103 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(73)专利权人 浙江威星智能仪表股份有限公司
地址 310015 浙江省杭州市拱墅区莫干山路1418号-41号6号楼

(72)发明人 张文丰 方淼 李宏兵 方炯

(74)专利代理机构 杭州君度专利代理事务所
(特殊普通合伙) 33240

代理人 杜军

(51)Int.Cl.

G01F 1/66(2006.01)

G01F 25/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 1864047 A,2006.11.15,
CN 101287968 A,2008.10.15,
CN 102829829 A,2012.12.19,
CN 103429996 A,2013.12.04,
CN 105606170 A,2016.05.25,
US 4334434 A,1982.06.15,

审查员 饶红

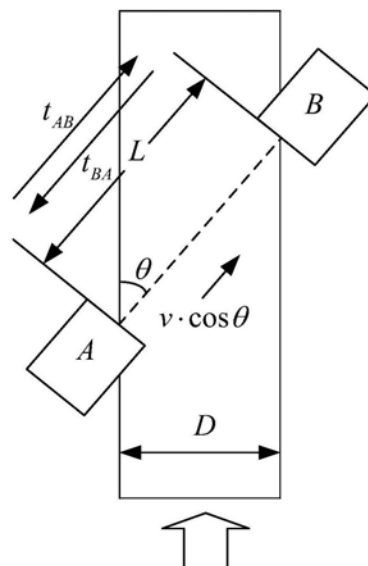
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法

(57)摘要

本发明涉及一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法。现有的补偿方法会引入了误差,严重影响计量准确度。本发明方法首先获取流量计装置在静态空气下的参数 t_{0kAB} 、 t_{0kBA} 、 Δt_{0k} ,将静态空气状态下的时间偏移量 Δt_{0k} 设置为初始的系统时间偏移量;然后将流量计装置接入工作管路,主控单元定时轮流激发两个换能器,记录每一个周期换能器发出超声波的时间和接收到的时间,得到参数 t_{sAB} 和 t_{sBA} ;从而获得第一个周期的静态实际测量气体状态下的时间偏移量 Δt_{0s} ;如果 $|\Delta t_{0s}-\Delta t_{0k}| \geq \Delta \tau$,将 Δt_{0s} 设置为下一个周期内的系统时间偏移量,否则下一个周期内的系统时间偏移量仍为 Δt_{0k} 。本发明方法根据时差法原理,消除微小流量和静态时的错误流量,为用户和服务商提供准确计量。



1. 一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法,其特征在于该方法具体是:

首先在流量计装置的流道内为空气的状态下,气体流速为0,将流量计装置设置成学习状态,获取到静态空气下的参数: t_{0kAB} 、 t_{0kBA} 、 Δt_{0k} ,并存入系统,将 Δt_{0k} 设置为初始的系统时间偏移量; t_{0kAB} 为静态空气状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{0kBA} 为静态空气状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间; $\Delta t_{0k} = t_{0kBA} - t_{0kAB}$,为静态空气状态下的时间偏移量;

然后将流量计装置接入工作管路,流量计装置的流道内为实际测量气体的状态;流量计装置进入工作状态,流量计装置的主控单元定时触发电路信号开关,轮流激发A换能器和B换能器,计时芯片记录每一个周期换能器发出超声波的时间和接收到的时间,得到参数 t_{sAB} 和 t_{sBA} ; t_{sAB} 为实际测量气体状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{sBA} 为实际测量气体状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间;一个周期为连续的A换能器发出超声波的时间、B换能器接收到超声波的时间、B换能器发出超声波的时间、A换能器接收到超声波的时间;获得第一个周期的静态实际测量气体状态下的时间偏移量 Δt_{0s} :

$$\Delta t_{0s} = \frac{4 \cdot (t_{sAB} \cdot t_{sBA})^2}{t_{0kAB} \cdot t_{0kBA} \cdot (t_{sAB} + t_{sBA})^2 + 2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA} (t_{sAB} + t_{sBA}) \cdot \Delta t_{0k}} \times \Delta t_{0k} \quad ;$$

最后进行判断:如果 $|\Delta t_{0s} - \Delta t_{0k}| \geq \Delta \tau$,将 Δt_{0s} 设置为下一个周期内的系统时间偏移量,即新的时间偏移量补偿值;如果 $|\Delta t_{0s} - \Delta t_{0k}| < \Delta \tau$,则下一个周期内的系统时间偏移量仍为 Δt_{0k} ; $\Delta \tau$ 为设置的阈值;

每个周期的 Δt_{0s} 均与 Δt_{0k} 进行比较,根据结果确定下一个周期超声波流量计的时间偏移量补偿值。

2. 根据权利要求1所述的一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法,其特征在于确定的静态实际测量气体状态下的时间偏移量 Δt_{0s} 的具体方法如下:

$$\text{由时差法原理, } t_{AB} = \frac{L}{C + v \cdot \cos \theta}, \quad t_{BA} = \frac{L}{C - v \cdot \cos \theta} \quad (1);$$

t_{AB} 为超声波在通道中从A换能器到达B换能器的飞行时间, t_{BA} 为超声波在通道中从B换能器到达换能器A的飞行时间; v 为气体在通道中的流速, C 为超声波在气体介质中的速度; L 为A换能器与B换能器之间的距离, θ 为A换能器和B换能器连线与气体流向之间的夹角;

根据公式(1)得到:

$$v_k = \frac{L}{2 \cos \theta} \cdot \frac{\Delta t_k}{t_{kAB} \cdot t_{kBA}}, \quad v_s = \frac{L}{2 \cos \theta} \cdot \frac{\Delta t_s}{t_{sAB} \cdot t_{sBA}} \quad (2);$$

v_k 为空气的气体流速, t_{kAB} 为空气状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{kBA} 为空气状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间, $\Delta t_k = t_{kBA} - t_{kAB}$,为空气状态下的时间差; v_s 为实际测量气体的气体流速, $\Delta t_s = t_{sBA} - t_{sAB}$,为实际测量气体状态下的时间差;

当 $v_k = v_s$ 时:

$$\frac{\Delta t_s}{\Delta t_k} = \frac{t_{sAB} \cdot t_{sBA}}{t_{kAB} \cdot t_{kBA}} \quad (3);$$

则,当 $v_k=v_s=0$ 时:

$$\frac{\Delta t_{0s}}{\Delta t_{0k}} = \frac{t_{0sAB} \cdot t_{0sBA}}{t_{0kAB} \cdot t_{0kBA}} \quad (4);$$

t_{0sAB} 为静态实际测量气体状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{0sBA} 为静态实际测量气体状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间, $\Delta t_{0s}=t_{0sBA}-t_{0sAB}$;

由时差法原理(1)计算出:

$$C_s + v_s \cdot \cos \theta = \frac{L}{t_{sAB}}, \quad C_s - v_s \cdot \cos \theta = \frac{L}{t_{sBA}} \quad (5);$$

C_s 为超声波在实际测量气体中的速度, v_s 为实际测量气体在通道中的流速;则:

$$C_s = \frac{L}{2 \cdot t_{sAB}} + \frac{L}{2 \cdot t_{sBA}} \quad (6);$$

$$\text{且当 } v_s=0 \text{ 时, } C_{0s} = \frac{L}{t_{0sAB}} = \frac{L}{t_{0sBA} + \Delta t_{0s}} \quad (7);$$

C_{0s} 为超声波在静态实际测量气体中的速度;

由于在气体介质中,超声波的速度不受实际测量气体在通道中的流速 v_s 的影响,即 $C_{0s}=C_s$;综合公式(6)和(7),得到:

$$t_{0sAB} = \frac{2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA}}{t_{sAB} + t_{sBA}}, \quad t_{0sBA} = \frac{2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA}}{t_{sAB} + t_{sBA}} - \Delta t_{0s} \quad (8);$$

由公式(4)得到:

$$\Delta t_{0s} = \frac{4 \cdot (t_{sAB} \cdot t_{sBA})^2}{t_{0kAB} \cdot t_{0kBA} \cdot (t_{sAB} + t_{sBA})^2 + 2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA} (t_{sAB} + t_{sBA}) \cdot \Delta t_{0k}} \times \Delta t_{0k} \quad (9)。$$

一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法

技术领域

[0001] 本发明属于计量仪表技术领域,涉及一种校准时间偏差方法,具体是一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法。

技术背景

[0002] 超声波流量仪表是以“时差法”为原理,测量管内流体的仪表。超声波流量计装置由多种电路模块、信号处理单元和流体通道三大部分组成。安装在输送气体的管道上,并用超声波原理测量气体流量的流量计,称之为气体超声流量计。

[0003] 通过“时差法”原理设计的气体超声流量计,是通过超声波信号和飞行时间进行各种数学分析,进行流量计算的方法,依赖于信号的准确判断和时间精度的保证。“时差法”原理如下:通过激发一端超声波换能器,在另一端接收声波信号,电路获得第一个飞行时间 t_{AB} ,同样,反向激发超声波换能器并接收到信号,得到第二个飞行时间 t_{BA} 。在流体介质流速的影响下,两个飞行时间存在时间差 Δt ,根据推算可以得出流速 V 和时间差 Δt 之间的换算关系,进而可以得到流量值 Q 。计量原理如下(参考图1):

$$[0004] \quad t_{AB} = \frac{L}{c + V \cos \theta}, \quad t_{BA} = \frac{L}{c - V \cos \theta}, \quad D = L \sin \theta;$$

$$[0005] \quad \text{气体流速: } \frac{t_{BA} - t_{AB}}{t_{AB} \cdot t_{BA}} \cdot \frac{D}{\sin 2\theta}。$$

[0006] 式中 L 为两个换能器之间的距离, θ 为两个换能器的连线与气体流向之间的夹角, D 为管道的直径。

[0007] 时差原理计算得到气流速度,再根据体积计算公式,可计算出单位时间 t 内,通过管段的气体体积,从而获得气体流量:

$$[0008] \quad Q = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times V \times t。$$

[0009] 飞行时间 t_{AB} 和 t_{BA} ,都需要信号处理模块通过电信号(模拟或数字信号)的特征判断计时开始和结束的时间点,计算获得飞行时间,从而通过“时间法”原理计量流体流量。

[0010] 现有技术采用MCU控制高精度的计时芯片或者计时电路模块(统称计量单元),通过判断接收信号的幅度作为判断条件,获得超声波在燃气流体中的往返的飞行时间。再简要分析计时芯片记取时间的方法依据,来计算时间差值,从而获得该时间范围内的气体流量。

[0011] 时间差计量原理中,理想状态的静态时, $t_{AB} = t_{BA}$ 。但在实际生产中,由于器件和介质差异,静态时, t_{AB} 和 t_{BA} 就存在差异,差值 $\Delta t_0 = t_{BA} - t_{AB}$,称之为时间偏移量。所以,在出厂前校表时,通过学习获得固有时间偏移量 Δt_0 ,作为计算实际时间差的补偿,从而保持计时的准确度。

[0012] 经测试发现,虽然高品质的计时芯片受温度和压力的影响非常小,并且有数学方法进行适当补偿,时间偏移量 Δt_0 保持得非常稳定。但是计时芯片在自身物理特性的影响下,每一次测量所获得的时间 t_{AB} 和 t_{BA} 随着一定趋势增大或者缩小的。工程应用中,在不同气体介质的情况下,声音速度变化非常明显,也影响 t_{AB} 和 t_{BA} 值的大小。当 t_{AB} 和 t_{BA} 变化较大时,根据上述的气体体积公式,按原有静态条件下的时间偏移量 Δt_0 进行补偿后,气体体积 Q 的计算方法就引入了误差,尤其是静态或微小流量时,这样的误差严重影响计量准确度。

发明内容

[0013] 本发明的目的就是针对现有技术的不足,提供一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法。

[0014] 本发明的具体校准时间偏差的方法如下:

[0015] 首先在流量计装置的流道内为空气的状态下,气体流速为0,将流量计装置设置成学习状态,获取到静态空气下的参数: t_{0kAB} 、 t_{0kBA} 、 Δt_{0k} ,并存入系统,将 Δt_{0k} 设置为初始的系统时间偏移量; t_{0kAB} 为静态空气状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{0kBA} 为静态空气状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间; $\Delta t_{0k} = t_{0kBA} - t_{0kAB}$,为静态空气状态下的时间偏移量。

[0016] 然后将流量计装置接入工作管路,流量计装置的流道内为实际测量气体的状态;流量计装置进入工作状态,流量计装置的MCU(主控单元)定时触发电路信号开关,轮流激发A换能器和B换能器,计时芯片记录每一个周期换能器发出超声波的时间和接收到的时间,得到参数 t_{sAB} 和 t_{sBA} ; t_{sAB} 为实际测量气体状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{sBA} 为实际测量气体状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间。一个周期为连续的A换能器发出超声波的时间、B换能器接收到超声波的时间、B换能器发出超声波的时间、A换能器接收到超声波的时间。

[0017] 通过以上参数,获得第一个周期的静态实际测量气体状态下的时间偏移量 Δt_{0s} :

$$[0018] \quad \Delta t_{0s} = \frac{4 \cdot (t_{sAB} \cdot t_{sBA})^2}{t_{0kAB} \cdot t_{0kBA} \cdot (t_{sAB} + t_{sBA})^2 + 2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA} (t_{sAB} + t_{sBA}) \cdot \Delta t_{0k}} \times \Delta t_{0k} \quad \circ$$

[0019] 最后进行判断:如果 $|\Delta t_{0s} - \Delta t_{0k}| \geq \Delta \tau$,将 Δt_{0s} 设置为下一个周期内的系统时间偏移量,即新的时间偏移量补偿值;如果 $|\Delta t_{0s} - \Delta t_{0k}| < \Delta \tau$,则下一个周期内的系统时间偏移量仍为 Δt_{0k} ; $\Delta \tau$ 为设置的阈值。

[0020] 每个周期的 Δt_{0s} 均与 Δt_{0k} 进行比较,根据结果确定下一个周期超声波流量计的时间偏移量补偿值。

[0021] 本发明方法能够有效校准补偿的时间偏移量,可以消除微小流量和静态时的错误流量。本发明方法根据时差法原理,利用实际气体介质和空气介质中的时间偏移量间的关系,安装配置时,自动转换补偿的时间偏移量,从而消除微小流量和静态时的错误流量。通过实际检测,本发明可消除的误差量级会达到0.2us左右,换算到流量达到0.2~0.3方/小时。无论是民用还是工商业用,每天的燃气用量误差是非常可观的。本发明的校准补偿时间偏移量的方法能为用户和服务商准确计量,减少大量的财富损失。

附图说明

[0022] 图1为超声波流量仪表中工作管路及两换能器位置关系图。

具体实施方式

[0023] 一种超声波流量计自动校准时间偏差的方法,具体如下:

[0024] 首先在流量计装置的流道内为空气的状态下,气体流速为0,将流量计装置设置成学习状态,获取到静态空气下的参数: t_{0kAB} 、 t_{0kBA} 、 Δt_{0k} ,并存入系统,将 Δt_{0k} 设置为初始的系统时间偏移量; t_{0kAB} 为静态空气状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{0kBA} 为静态空气状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间; $\Delta t_{0k} = t_{0kBA} - t_{0kAB}$,为静态空气状态下的时间偏移量。

[0025] 然后将流量计装置接入工作管路,流量计装置的流道内为实际测量气体的状态;流量计装置进入工作状态,流量计装置的MCU(主控单元)定时触发电路信号开关,轮流激发A换能器和B换能器,计时芯片记录每一个周期换能器发出超声波的时间和接收到的时间,得到参数 t_{sAB} 和 t_{sBA} ; t_{sAB} 为实际测量气体状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{sBA} 为实际测量气体状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间。一个周期为连续的A换能器发出超声波的时间、B换能器接收到超声波的时间、B换能器发出超声波的时间、A换能器接收到超声波的时间。

[0026] 根据以上参数,获得第一个周期的静态实际测量气体状态下的时间偏移量 Δt_{0s} :

[0027] 由时差法原理, $t_{AB} = \frac{L}{C + v \cdot \cos \theta}$, $t_{BA} = \frac{L}{C - v \cdot \cos \theta}$ (1); t_{AB} 为超

声波在通道中从A换能器到达B换能器的飞行时间, t_{BA} 为超声波在通道中从B换能器到达换能器A的飞行时间; v 为气体在通道中的流速, C 为超声波在气体介质中的速度; L 为A换能器与B换能器之间的距离, θ 为A换能器和B换能器连线与气体流向之间的夹角(如图1,图中下方箭头为实际测量气体在管道中流动的方向)。

[0028] 根据公式(1)得到:

[0029] $v_k = \frac{L}{2 \cos \theta} \cdot \frac{\Delta t_k}{t_{kAB} \cdot t_{kBA}}$, $v_s = \frac{L}{2 \cos \theta} \cdot \frac{\Delta t_s}{t_{sAB} \cdot t_{sBA}}$ (2);

[0030] v_k 为空气的气体流速, t_{kAB} 为空气状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间, t_{kBA} 为空气状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间, $\Delta t_k = t_{kBA} - t_{kAB}$,为空气状态下的时间差; v_s 为实际测量气体的气体流速, $\Delta t_s = t_{sBA} - t_{sAB}$,为实际测量气体状态下的时间差。

[0031] 当 $v_k = v_s$ 时:

[0032] $\frac{\Delta t_s}{\Delta t_k} = \frac{t_{sAB} \cdot t_{sBA}}{t_{kAB} \cdot t_{kBA}}$ (3);

[0033] 则,当 $v_k = v_s = 0$ 时:

[0034] $\frac{\Delta t_{0s}}{\Delta t_{0k}} = \frac{t_{0sAB} \cdot t_{0sBA}}{t_{0kAB} \cdot t_{0kBA}}$ (4);

[0035] t_{0sAB} 为静态实际测量气体状态下A换能器发出超声波到达B换能器的飞行时间， t_{0sBA} 为静态实际测量气体状态下B换能器发出超声波到达A换能器的飞行时间， $\Delta t_{0s} = t_{0sBA} - t_{0sAB}$ 。

[0036] 由时差法原理(1)计算出：

$$[0037] \quad C_s + v_s \cdot \cos \theta = \frac{L}{t_{sAB}}, \quad C_s - v_s \cdot \cos \theta = \frac{L}{t_{sBA}} \quad (5);$$

[0038] C_s 为超声波在实际测量气体中的速度， v_s 为实际测量气体在通道中的流速；

$$[0039] \quad \text{则: } C_s = \frac{L}{2 \cdot t_{sAB}} + \frac{L}{2 \cdot t_{sBA}} \quad (6);$$

$$[0040] \quad \text{且当 } v_s = 0 \text{ 时, } C_{0s} = \frac{L}{t_{0sAB}} = \frac{L}{t_{0sBA} + \Delta t_{0s}} \quad (7);$$

[0041] C_{0s} 为超声波在静态实际测量气体中的速度。

[0042] 由于在气体介质中，超声波的速度不受实际测量气体在通道中的流速 v_s 的影响，即 $C_{0s} = C_s$ ；综合公式(6)和(7)，得到：

$$[0043] \quad t_{0sAB} = \frac{2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA}}{t_{sAB} + t_{sBA}}, \quad t_{0sBA} = \frac{2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA}}{t_{sAB} + t_{sBA}} - \Delta t_{0s} \quad (8)。$$

[0044] 由公式(4)得到：

[0045]

$$\Delta t_{0s} = \frac{4 \cdot (t_{sAB} \cdot t_{sBA})^2}{t_{0kAB} \cdot t_{0kBA} \cdot (t_{sAB} + t_{sBA})^2 + 2 \cdot t_{sAB} \cdot t_{sBA} (t_{sAB} + t_{sBA}) \cdot \Delta t_{0k}} \times \Delta t_{0k} \quad (9)。$$

[0046] 最后进行判断：如果 $|\Delta t_{0s} - \Delta t_{0k}| \geq \Delta \tau$ ，将 Δt_{0s} 设置为下一个周期内的系统时间偏移量，即新的时间偏移量补偿值；如果 $|\Delta t_{0s} - \Delta t_{0k}| < \Delta \tau$ ，则下一个周期内的系统时间偏移量仍为 Δt_{0k} ； $\Delta \tau$ 为设置的阈值。

[0047] 每个周期的 Δt_{0s} 均与 Δt_{0k} 进行比较，根据结果确定下一个周期超声波流量计的时间偏移量补偿值。

[0048] 超声波流量计计量过程中，经过时间偏移量补偿后，外部条件不变时，静态瞬时流速为0或低于可计量值。当气体介质变化时，速度变化非常明显，引起了 t_{AB} 和 t_{BA} 的变化，时间偏移量同样发生变化，但是使用原来的 Δt_{0k} 补偿后，引入误差，导致实际静态或者微小流量状态下有流速产生，从而错误计量。补偿误差较大时，错误计量值是不可忍受的。安装配置时，通过以上方法自动转换补偿的时间偏移量，从而消除微小流量和静态时的错误流量。

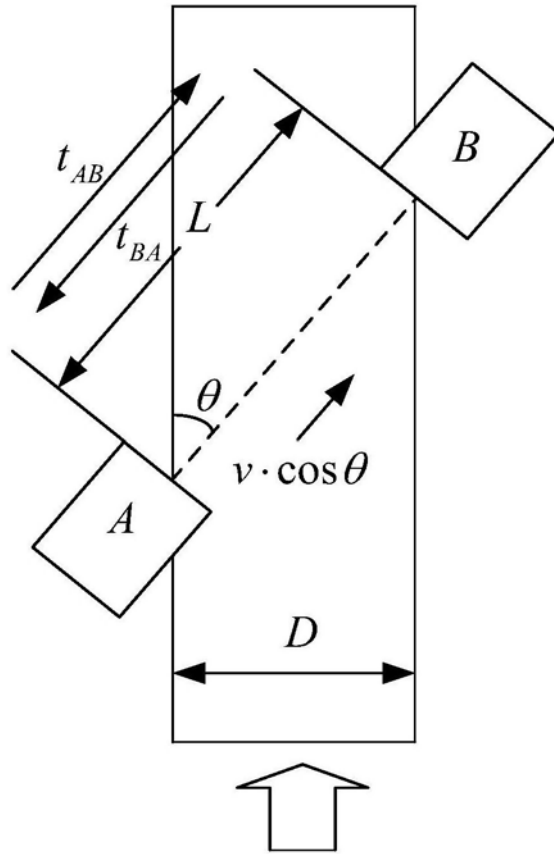


图1