

D82A 数据采集卡在超声波氯气流量中的应用

蒋 勇 王寅观 姚国民

(同济大学声学所 上海 200092)

本文论述了将 D82A 数据采集卡应用到超声波氯气流量计中,通过对采集数据的分析,精确地确定超声波传播的声时和声时差。本文主要是讨论数据处理的方法。最后,作者对结果进行了讨论并和其它超声波测流量的方法作了比较。

关键词: D82A 数据采集卡,声时,声时差

The application of D82A acquisition card to ultrasonic chlorine flowmeter

JIANG Yong WANG Yingguan YAO Guomin

(Institute of Acoustics, Tongji University Shanghai 200092)

In the paper, the application of D82A acquisition card to ultrasonic chlorine flowmeter was introduced. By dealing with the signal data acquired by D82A acquisition card, the flight time and flight time's difference came out accurately. The paper focused on the way to process the signal data. In the end, the author discussed the result and compared some other ultrasonic technique to flow measurement with the way in this paper.

Key words: D82A acquisition card, flight time, flight time's difference

1 引 言

利用超声波对氯气流量进行测量是目前测量氯气流量较好的一种方法。根据测量原理可分为时差法、相差法、声时法几种,其测量原理均基于利用超声波确定氯气流速。本文将 D82A 数据采集卡引入测量中,并将声时法和时差法相结合,力求较精确地确定氯气在管道中的流速,为计算流量打好基础。

2 流量测定原理

图1为超声波氯气流量计的原理图。在氯气管道中斜装着一对超声波探头,它们之间的距离为超声波的传播声程(设为 L ,它与测量管道轴向夹角为 θ)。通过推导可以得到氯气流速公式:

$$v = \frac{L}{2 \cos \theta} \frac{t_n - t_s}{t_n + t_s}$$

第一作者:蒋勇,男,1976年3月生,硕士研究生

收稿日期:97-10-16;修回日期:98-2-20

$$= \frac{L}{2\cos} \frac{t}{(t_s + t) t_s} \quad (1)$$

其中: t_s 为超声波顺气流传播时到达接收探头的声时; t_n 为超声波逆气流传播时到达接收探头的声时; t 为两者之差。

两个探头交替发射并交替接收超声波。探头2发射时, D82A 数据采集卡先采集上探头1接收到的数据, 得到采样序列 $CH 1(n)$; 然后探头1发射, 采集卡又采集下探头2接收到的数据, 得到采样序列 $CH 2(n)$, 序列中点的序数与采样周期的乘积即该点所代表的时间。通过分析 $CH 1(n)$ 和 $CH 2(n)$, 可以精确地确定出 t 和 t_s , 从而准确地求出氯气流速 v 。

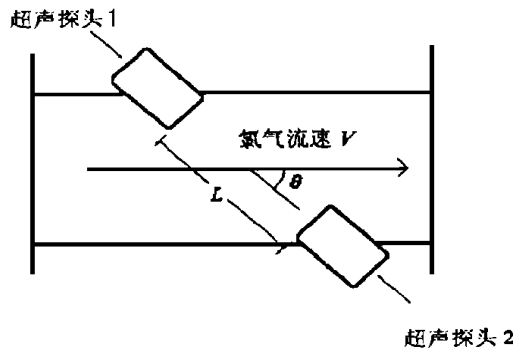


图1 超声波氯气流量的原理图

3 数据处理

公式(1)中的第1、2式看上去并没有实质上的区别, 但作者采用了第2式:

$$v = \frac{L}{2\cos} \frac{t}{(t_s + t) t_s}$$

分析可见, 一般情况下, t 和 t_s 与 t_n 的比值的数量级为千分之一, 因而 t_s 与 t_n 1% 的误差引起 t 的误差将可能到10%, 相应引起氯气流速 v 的速差可能到10%, 这显然是不能满足测量要求的。另外, 由于两个探头不可能完全一样, 响应脉冲时间和电路延迟时间也不一样, 这样又给 t 带入了系统误差, 因此, 计算出 t_s 与 t_n 再代入公式(1)计算氯气流速的方法是行不通的。

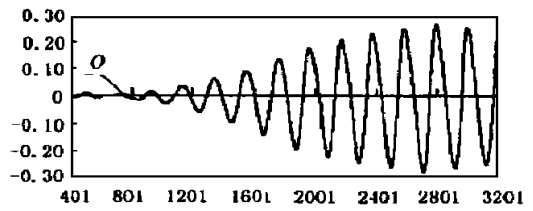


图2 经滤波后的采集波形

3.1 t_s 的计算

$CH 2(n)$ 为超声波顺气流方向传播时所得到的采样序列, 通过处理 $CH 2(n)$ 即可得到顺流传播声时 t_s 。由于采集所得的信号噪声成份很多, 为了处理方便, 在处理之前先进行了数字滤波。图2为 $CH 2(n)$ 经数字滤波后的波形(在超声波未传播到接收探头时信号为零部分已略去), X 轴为采样序列中各采样点的序数, Y 轴为采样值。接收探头在接收到超声激励脉冲后开始产生信号, 因而只要找到该波形第1个周期的起始点(即图2中的点 O), 就可确定出传播声时。

分析图2, 可以得到以下几个结论:

- (1) 第1个周期的波形振幅很小, 而前面的信号也不是绝对为零, 因而通过编程很难直接确定其位置;
- (2) 对一定的探头, 其最大振幅的信号所处周期总是一定的。(如图1, 最大振幅的信号所处周期为第10周期);
- (3) 不管每个周期振幅大小, 其长度是一个定值。

根据以上特性, 采取了如下的办法来对采集序列 $CH 2(n)$ 进行处理以求得 t_s :

(1) 确定出序列 $CH 2(n)$ 中绝对值最大的元素 $CH 2(\max)$, 该元素所处周期的序列可通过人工分析采集波形预先得出。

(2) 从 $CH 2(\max)$ 开始, 向前和向后搜索序列, 遇到绝对值为零左右的点(可以做出规定为绝对值小于某值 M 的点, 如图3中 $M = 0.015$) 停止搜索, 如在某处的几个元素为相邻的绝对值在 M 内的所有点, 对它们用最小二乘法进行线性拟合, 求出拟合直线与

X 轴的交点(如图3中的 O_i , 称这样的点为零电平点, 经过最小拟合后, O_i 一般不再是整数)。显然, 1个周期内有3个这样的零电平点(图2中虚线内部分为1个周期, 易见内有3个零电平点)。

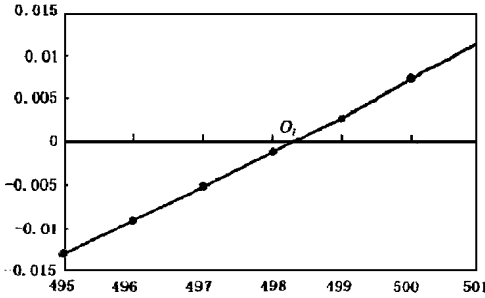


图3 零电平点示意图

(3) 按照(2)中的办法确定出10个左右零电平点, 利用这些零电平点用求均值的办法可以计算出周期的值。然后用最大值所处周期的第3个零电平点减去该周期序数和周期值的乘积即可确定出第1个周期的起始点, 即图2中的 O 点。 O 点的序数和采样周期的乘积为 $t_n + t_s$ 。 t_s 为探头延迟时间, 它远小于 t_n , 故认为该值即 t_n 。

通过以上的计算, 在氯气流速不变的情况下, 可以把传播声时的测量误差控制在1%以内。

3.2 t 的计算

令 $CH 1(n)$ 和 $CH 2(n)$ 的零电平点为 O_{1i} 和 O_{2i} (为叙述方便, 这里选取每个周期的第1个零电平点, i 为周期序数), T 为采样周期, T_1 和 T_2 为两个探头各自周期长度, t_n 和 t_s 为两个探头的延迟时间, 对 $CH 1(n)$, 有:

$$O_{1i} T = t_n + t_s + (i - 1) T_1$$

可以推出:

$$T \sum_{i=1}^k O_{1i} = k (t_n + t_s) + T_1 \sum_{i=1}^k (i - 1) \quad (2)$$

同理, 对 $CH 2(n)$:

$$T \sum_{i=1}^k O_{2i} = k (t_s + t_n) + T_2 \sum_{i=1}^k (i - 1) \quad (3)$$

$$\text{因 } t_n = t_s + t \quad (4)$$

综合3式, 可得:

$$t = \frac{1}{k} [T \sum_{i=1}^k (O_{1i} + O_{2i}) - (T_1 - T_2) \sum_{i=1}^k (i - 1)] - (t_n - t_s) \quad (5)$$

其中 $t_n - t_s$ 是未知量, 需要预先求出。可以先让管道内氯气的流速为零, 代入各个零电平值, t 此时应为零, 由此可以算出 $t_n - t_s$ 。

由式(5)可见, 此时 t 成了一个平均量, 比起直接计算, 结果显然要准确得多。另外, 让管道内氯气流速为零预先算出 $t_n - t_s$ (该值也是一个平均量), 进一步提高了 t 的精度。通过以上办法, 能够使 t 的绝对误差控制在0.3 s 以内。

3.3 气流流速 v

计算出顺流传播声时 t_s 和 t 后, 代入公式(1)即得到气流流速 v 。

t_s 实际上还包括了电路延迟时间 t_s , 但相对于 t_s 它为极小, 并且 t_s 在分母上, 因而 t_s 对结果的影响完全可以忽略不计。

4 与其它方法的比较

公式(6)和(7)分别为时差法和相差法的原理公式:

$$v = \frac{c^2}{2L \cos \theta} t \quad (6)$$

$$v = \frac{c^2}{2L \cos \theta} \quad (7)$$

以上两式均引入了静态氯气中的声速 c , c 是一个和温度及氯气浓度均有关的量, 这必然要求在测量系统加入测量装置, 而且在氯气浓度变化较大的情况下, 以上两种方法就不能使用。而本文采取的方法则避免了这个量的引入。

声时法是通过分别测顺流和逆流声时来确定流速的方法, 其原理公式即公式(1)的第1式。但该方法难以保证 t 的精度。关于这一点前文已叙述过, 此处不再赘述。

5 结论

本文中,作者将声时法和时差法相结合,把 D82A 数据采集卡引入测量,其优点如下:

(1) 在声时测量上,用分析采集数据来求声时的办法。而以往较常用的方法是设一个超高速计时器,超声波发射时开始计时,接收探头收到超声信号产生高电平使计时器停止计时,该时间即声时。

由图2可以看到探头接收信号后前两个周期信号振幅是极小的,很可能不足以产生高电平使计时器停止,使计时器停止的是后边第2或第3个周期,这样测得的声时会偏大。

而用分析采集数据的办法则有效地避免了这一点,提高了声时测量的精度。

(2) 原理公式中只存在常量和可以随时测量的量。

(3) 利用分析采集数据的办法来确定声时差,使 t 成为一个统计量,有效地提高了 t 的精度。

另外,本文介绍的方法仅涉及比较简单的数学方法,易于编程。但涉及较大量的数据处理,对微机有一定的要求。

参考文献

- 1 宗孔德,胡得书. 数字信号处理. 清华大学出版社, 1988
- 2 同济大学声学研究所. 超声工业测量技术. 上海人民出版社, 1977

上海大剧院建声设计获得成功

历时4年、投资12亿元的上海大剧院经过建设者们的精心设计、精心施工已经基本建成,将在1998年8月27日起正式投入演出使用。

上海大剧院是目前国内规模最大、起点最高、设施最全、技术最新的现代化的剧院,是由法国夏邦杰建筑事务所和上海华东建筑设计院合作设计的,其中的建筑声学设计全部由中方上海华东设计院担任,并由我声学学会常务理事章奎生同志负责设计。上海大剧院音质效果的优劣关系到工程的成败,因此声学设计当属大剧院设计中的关键技术之一。最近主剧场观众厅已完成了舞台机械、灯光、音响及其它建筑设备的调试工作,为了了解实际音质效果,华东建筑设计院联合上海建筑设计院声学专业技术人员对观众厅音质进行了两天的现场测试。结果表明上海大剧院观众厅的音质效果完全达到设计预期要求或优于设计指标。如混响特性曲线达到了低频有明显提升,中高频基本平直的优良特性,保证了清晰度和丰满度的预期要求。建声设计中采用的电动可变吸声帘幕也达到了混响可调的预期效果,厅内声场分布也十分均匀,楼下楼上、前排后排、中座边座声级相差均在3~6dB之间,厅内本底噪声也符合NR-20要求,实测表明大剧院的建声设计获得了成功。而通过近期前来参观考察的一些国外著名歌剧院院长、交响乐团指挥、歌唱家、小提琴家及音响专家在现场的试听、试奏、试唱,也都对上海大剧院观众厅的建声设计和音质效果表示满意和赞赏,并原意到这里来演出。7月28日上海大剧院指挥召开了中外记者新闻发布会,并正式宣布“上海大剧院的舞台机械、灯光、声学都达到了世界级先进水平,剧院的音质效果完全达到设计标准”。

[本刊讯]