

# 超声波流量计 在沼气测量的应用

## Application of Ultrasonic Flowmeter in Gas Measurement

王 冉<sup>1</sup> 刘新君<sup>2</sup> 佟 林<sup>1</sup>

(1 中国市政工程东北设计研究总院,  
吉林 长春 130021;

2 德菲电气(北京)有限公司,北京 102101)

**摘 要:**通过对超声波流量计的测量原理和影响超声波测量精度的因素分析,阐述解决测量精度的具体方法。

**关键词:**沼气流量 超声波时差原理 自相关原理  
皮托管 热式流量计

**Abstract:** The ultrasonic flowmeter measurement principle and influence the accuracy of the ultrasonic measurement factor analysis, expounds the measurement accuracy of the specific methods to solve.

**Key words:** Methane gas flow

Ultrasonic time principle

The relevant principles

Leather custody

Heat flowmeter

沼气是有机物质在厌氧条件下,经过微生物的发酵作用而生成的多种气体的混合物,一般含甲烷50%~70%,其余为二氧化碳和少量的氮、氢和硫化氢等。随着大、中型沼气发生装置的不断发展应用,沼气已经得到广泛的应用。沼气不仅可以直接燃烧用于炊事、照明、供暖,还可以作为内燃机的燃料以及生产甲醇、福尔马林、四氯化碳等化工原料。

目前,有几种流量监测技术已经在这个领域取得了成功的应用,直接方法包括涡轮流量计、涡街流量计、孔板流量计、匀速管流量计,热式气体质量流量计、超声波气体流量计,以及光学闪烁相关流量计等。但由于压力低,含有水汽等因素,这些流量测量技术也存在一些具体应用问题,对测量的稳定性和日常维护带来麻烦。本文针对沼气测量方法优异进行比较,对高性价比Alpha6000系列超声波气体流量计详尽描述。

### 1 沼气流量测量的现状

沼气流量测量难点在于:流量变动大、含有水汽、粘稠杂质、压力低。

#### 1.1 沼气常用流量计对比

超声波流量计与孔板、涡轮、涡街等传统流量计相比,具有适应性强,操作方便等特点,4种流量计性能对比如表1所示。

表1 4种流量计性能对比

项目	孔板	涡街	涡轮	超声波
量程比	1:3(4)	1:40	1:50	1:40~1:160
压力损失	很大	较小	较小	无
对涡流敏感度	很敏感	很敏感	不敏感 (加整流器)	不敏感
对流速分布敏感度	很敏感	很敏感	不敏感 (加整流器)	不敏感
测脉动流	不适应	不适应	不适应	适应
测双向流	不能	不能	不能	可以
测湿气	不能	不能	不能	可以
清洗管道	不能	不能	不能	可以
是否接触被测量介质	是	是	是	否
探头是否受测量介质腐蚀、磨损	是	是	是	否

2 Alpha6000超声波气体流量计

Alpha6000超声波流量计是针对高温、低压、低流速、大管径工业或市政现场状况开发的一种流量仪表，满足市政、工业测量需求。通用性强，可单独工作或接入CEMS系统。

2.1 原理

超声波在流体中的传播速度与流体流动速度有关，据此，可以实现流量测量。超声波的发射和接收采用双探头方式，可以互换使用或进行双向收发。如图1所示。

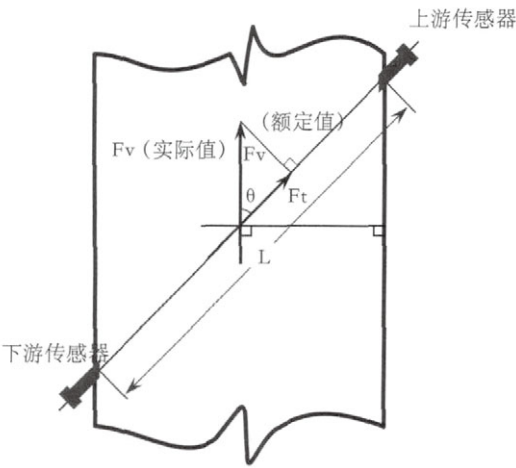


图1

两个超声波传感器相向安装于气体管道的上下游，上游传感器向下游传感器发射超声波，传输时间被定义为t1；反过来，下游传感器向上游传感器发射超声波，传输时间被定义为t2。这两个时间的差值可以被用来计算气体流速。

3 沼气流量测量系统

3.1 系统组成

系统组成图如图2所示。

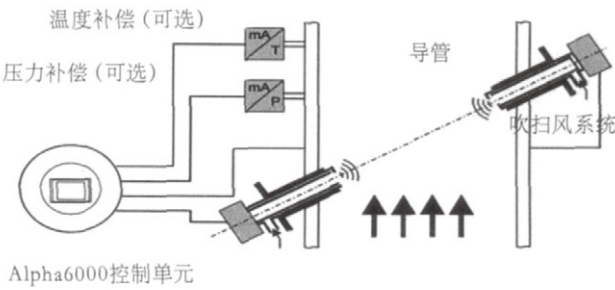


图2

系统由Alpha6000控制单元、吹扫风系统、温度补偿(可选)、压力补偿(可选)组成。

3.2 零点和量程的自动校准

对于超声波流量计，由于其测量距离和时间等基本量，所以国际上通用的做法是干标定，即检验传感器的安装角度，插入深度等指标，只要安装合乎规范，没有变动，流量计应该是准确的。

但对于环保监测仪器，应进行在线零点和量程自动校准，可以通过检测整个流量计各个组成部分实现在线自动校准。

(1) 零点校准

此时只有上游传感器发射超声波信号，发射两组脉冲信号，下游传感器只接收信号，但电子单元和软件把这两组脉冲信号当作上下游传感器对射所产生的信号，因为这两组信号都是从上游传感器发出穿越整个管道，所以没有时间差。

电子单元应该得到一个“零流速”，这样就测试了上游传感器的发射和下游传感器的接收性能，以及电子单元和软件的性能。我们称之为变通的零点

校准。

### (2) 量程校准

此时只有下游传感器发射超声波信号,发射两组脉冲信号,上游传感器只接收信号,但电子单元和软件把这两组脉冲信号当作上下游传感器对射所产生的信号,因为这两组信号都是从下游传感器发出穿越整个管道,所以没有时间差,电子单元应该再次得到一个“零流速”,这样就测试了下游传感器的发射和上游传感器的接收性能,以及电子单元和软件的性能。我们称之为变通的量程校准。

### 3.3 独特优势

#### (1) 自相关检波技术

Alpha6000超声波气体流量计采用自相关检波技术,有效克服管道振动和阀门开闭等原因造成的噪音干扰,大大提高了仪表的抗干扰能力,使仪表可以适应工业现场的恶劣条件。

#### (2) 全数字化电子单元

电子单元采用最新的微电子技术和元件,极大地减少了二次仪表的电子元件的数量。采用数字算法程序,使仪表信号处理更精确,运算速度更快捷。也增加了二次仪表的抗干扰能力。

#### (3) 先进的传感器

超声波传感器采用耐腐蚀不锈钢外壳,可以测量工业和市政过程中的各种气体流量。由于特氟龙全称为聚四氟乙烯,一般称作“不粘涂层”;是一种使用氟取代聚乙烯中所有氢原子的人工合成高分子材料。

这种材料具有抗酸抗碱、抗各种有机溶剂的特点,几乎不溶于所有的溶剂。同时,聚四氟乙烯具有耐高温的特点,它的摩擦系数极低,所以可作润滑作用之余,亦成为水管内层的理想涂料。因此涂有特氟龙的传感器表面不易粘附,对于湿气、脏气、混合气体介质有很好的适应性。

精选频率、波束角、和发射功率,可以解决大管径、低压、低流速的测量难题。测量时,传感器表面与过程气体接触,对于沼气采用插入式安装方式。

#### (4) 低维护、低运行费用

传感器没有可造成堵塞或聚集残留物的部件,没有被磨损的运动部件,很少日常维护,插入式传感器通过球阀组件安装,可以方便地实现在线插拔,方便维护。特殊场合应用可选传感器空气/氮气吹扫装置,该装置也可以防止温度突变对传感器的影响。

传感器对流体不产生阻碍,从而消除了其他流量计由压损造成的能量损失和高维护问题,并能承受周期性热胀冷缩带来的应力问题。

#### (5) 高精度

穿越管道的线平均流速测量,精度可达到 $\pm 1\% \sim \pm 2\%$ 的读数,宽量程比可达150:1。对于直管段不足的地方,可选择双通道X方式布置传感器,通过两个通道求和平均,可以提高测量稳定性、准确性,同时仪表具有双向测量能力。根据用户需求,附加温度、压力测量,计算质量流量。

### 3.4 超声波沼气流量计的局限性

传感器的安装要求在管道/烟囱相对的两面打孔,传感器严格对中,所以在实际操作中,增加了不少难度,需要在管道两侧搭建平台;由于传感器必须上下游安装,夹角最大 $60^\circ$ ,所以需要更大空间,这使在直管段本来就不足的地方安装更加局促。

以下现场条件需要仔细考虑:管道过大,颗粒物浓度高,含小液滴多,烟气温度高。

### 参考文献

- 1 James A. Jahnke. Continuous Emission Monitoring. Second Edition. 2000.
- 2 Richard Myers. Compliance Flow Monitoring In Large Stacks and Ducts. 2004.

作者简介:王冉,在中国市政工程东北设计研究院从事电气、自控仪表及通讯设计。负责多项大型给排水工程设计工作。于2006年9月通过国家注册电气工程师(供配电)考试,获注册电气工程师资格证。现任设计二所副总。