

【文章编号】 1004-1540(2005)04-0268-03

高抗干扰性能涡街流量计传感器的研究

潘 岚¹, 宋开臣², 徐国梁²

(1. 中国计量学院 电路与系统研究所, 浙江 杭州 310018; 2. 杭州锐达数字技术有限公司, 浙江 杭州 310012)

【摘要】 针对涡街流量计抗干扰性能差的缺点, 设计了一种新的传感器结构——悬浮式差动传感器, 使流量计一次仪表输出信号的信噪比大大提高. 实验结果表明, 采用此种传感器结构的涡街流量计的抗干扰性能得到显著改善.

【关键词】 传感器; 涡街流量计; 抗干扰性能

【中图分类号】 TH 814 **【文献标识码】** A

Research on the sensor of vortex flowmeter with high interference resistant

PAN Lan¹, SONG Kai-cheng², XU Guo-liang²

(1. Institute of Circuit and System, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China;
2. Hangzhou Radiant Digital Technology Ltd., Hangzhou 310027, China)

Abstract: Low noise immunity is one main disadvantage of vortex flowmeter. This paper gives a new sensor construct—the suspending differential vortex flowmeter. It greatly enhances the signal-to-noise ratio of first increment in flowmeters. Experiment results indicate that the interference resistant of the vortex flowmeter with the new sensor construct has been improved obviously.

Key words: sensor; vortex flowmeter; interference resistant

涡街流量计是利用旋涡脱离诱发流体振动的原理实现流量的计量, 其主要特点是: 无运动部件, 因此不必考虑流体中杂质对流量计的物理损害, 从而极大地拓展了精密流量计的应用范围, 并具有良好的线性度、较大的量程和很强的介质适应性, 可用于不同流体的稳态和瞬态流量的精确计量. 此外, 它还有具有压力损失小、可靠性高、维护方便和不受流体组成、密度、温度、压力影响等优

点, 是测量气体、液体、蒸汽、混合型和腐蚀性流体的理想的流量计.

但是, 涡街流量计存在两大缺陷: (1) 小流量信噪比低; (2) 抗干扰性能差. 其中抗干扰性能是衡量一台工业涡街流量计应用好坏的一个重要指标. 目前很多工业用户之所以对涡街流量计的应用失去信心, 是因为在实际应用中, 工业振动是普遍存在的; 而一般的工业振动频率大都在几赫兹

【收稿日期】 2005-06-28

【基金项目】 浙江省自然科学基金资助项目(No. M503153)

【作者简介】 潘 岚(1963—), 女, 浙江建德人, 教授. 主要研究方向为检测技术.

到几千赫兹之间,涡街流量计的旋涡分离频率正好落在这个范围之内。

近10年来,针对以上问题国内外学者做了大量的研究,并且大部分研究主要是从信号处理的角度出发,如采用自适应谱分析方法对涡街信号进行处理以提高涡街流量计的抗噪能力^[1],又如根据实验数据对涡街流量产生的信号建立数学模型将谱预测的方法运用到涡街流量计上,用以提高涡街流量计的抗干扰性能,使计量精度和可靠性得到提高。除通过信号处理的技术外,人们还从传感器方面寻找改善涡街流量计性能的思路,如通过改进压电传感器达到减弱管道振动对涡街流量计影响的目的^[2,3]。

1 悬浮式差动传感器的设计

1.1 流量传感器干扰噪声分析

涡街流量计是根据卡门旋涡频率实现流量测量的流量计。在具有旋涡发生体的流场中,当两旋涡列之间的距离 h 与同列的两旋涡之间的距离 L 之比满足 $h/L=0.281$ 时,形成卡门涡街如图1所示。大量实验证明:在一定的雷诺数范围内,稳定的旋涡发生频率 f 与旋涡发生体侧流速 u 与旋涡发生体的柱宽 d 有如下确定的关系: $f=(u/d)S_t$,式中 S_t 为斯特劳哈尔数(无量纲),对于一定形状的旋涡发生体,在一定的雷诺数范围内是一个常数。由于流体流量与其流速之间存在线性关系,所以通过测量旋涡发生引起的流体振动频率,即可实现对流体流量的测量。

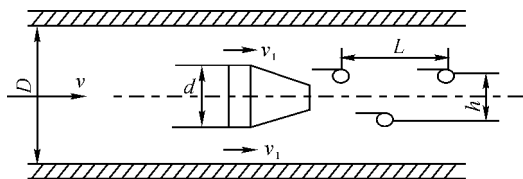


图1 卡门涡街

由涡街流量计的工作原理可见,涡街流量计是利用流体自身振动实现流体的测量的。而待测系统中存在的压力脉动或外界的振动源和噪声源也会引起待测系统中流体的振动,这些外来的振动信号,或改变旋涡振动频率,或直接进入二次仪表,造成计量误差。理想情况下,涡街流量计输出

正弦波信号,但实际上由于流体流动噪声、机械振动噪声等干扰的影响,它远非理想的正弦波信号,而是一个混有强噪声的混合信号^[4]。

1.2 悬浮式差动传感器的结构

在涡街流量计中,悬浮差动式流量传感器的安装如图2所示,传感器B安装在旋涡发生体A的后面。传感器的轴线与旋涡发生体平行,整个传感器都沉浸在流体中^[5]。图中的悬浮式差动传感器在设计中使用了4个压电晶体作为检测元件,在平板两侧对称固定了两个检测单元,以形成差动结构。每个检测单元外形为一个半圆柱型壳体,壳体内具有与平板轴线平行的通孔,通孔内有两个尺寸、质量和灵敏度系数都相同的压电陶瓷片,两压电陶瓷片之间由一金属质量块相连,该质量块与两压电陶瓷片焊接在一起组成一个刚体。金属质量块同时也作为压电陶瓷的输出电极,引出检测信号给电荷放大电路。两片压电晶体采用并联式结构,如图3所示,使输出电荷量加倍,以达到增大涡街流量信号的目的。

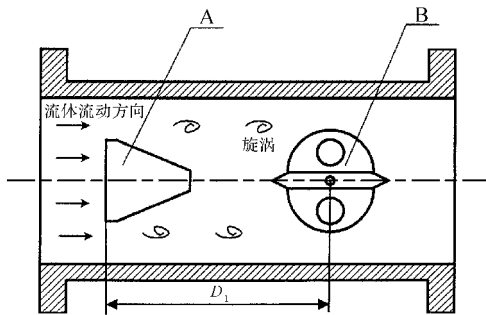


图2 悬浮差动式流量传感器的安装

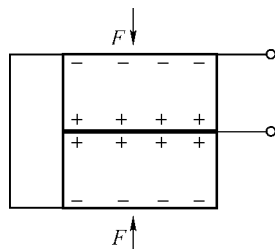


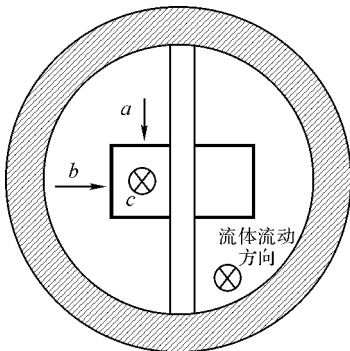
图3 压电晶体的并联式结构

每个检测单元的上下两个压电陶瓷片在安装时必须具有相等的受压预紧力,以保证由两个压电陶瓷片与金属质量块形成的刚体中会形成一个

内应力分界面。由于金属质量块具有一定的厚度，所以内应力分界面一定会在金属质量块的内部，而两个压电陶瓷片又是严格对称匹配的，因此，可以在结构上保证在受到相等的力的作用时，这两个压电陶瓷片能够产生相等的电荷。

1.3 悬浮式差动传感器的抗干扰工作原理

1.3.1 悬浮式结构对振动干扰的抑制 悬浮式结构对于流场中的振动干扰噪声可以实现有效的抑制。管道在外界干扰作用下产生的振动总是可以分解为如图4所示的三个方向，即方向a——与旋涡升力方向相同、方向b——与流体流动方向垂直、方向c——与流体流动方向平行。根据悬浮式差动传感器结构与安装方式，可知方向b与方向c上的振动干扰不会产生噪声信号，只有方向a的振动干扰可引起传感器壳体的跟随振动。此时，由于传感器中金属质量块的惯性作用，检测单元中上下对称的两个压电陶瓷片会分别受到压力和拉力的作用，这使得两个压电陶瓷片分别产生极性相反的正负电荷信号。由于两个压电陶瓷片采用并联结构，所以当上下两个压电陶瓷片的信号在金属质量块中相加时，干扰信号所产生的电荷信号会相互抵消，传感器起到了自减振的作用，从而极大地削弱了此方向的干扰信号。



1.3.2 差动式结构对振动干扰的抑制 如图3所示，当旋涡流经传感器时，旋涡产生的交变压力作用在两个检测单元的弹性膜片上，使两侧的压电陶瓷片交替产生电荷。两个检测单元会输出带有噪声的正弦信号 S_1 与 S_2 ，如图5所示。由于两个检测单元的对称性，使得 S_1 与 S_2 信号中所含的涡街流量信号的幅值与频率相同、相位相差 180° ；又因为管道振动、流场脉动等引起的干扰振

动对两侧的压电陶瓷片的作用是一致的，所以 S_1 与 S_2 信号中所含干扰信号为幅值、频率与相位都相同的共模信号。在采用差动式电荷放大前置放大电路中，输出信号只含有差模信号 $S_1 - S_2$ ，从而有效地抑制了振动干扰。

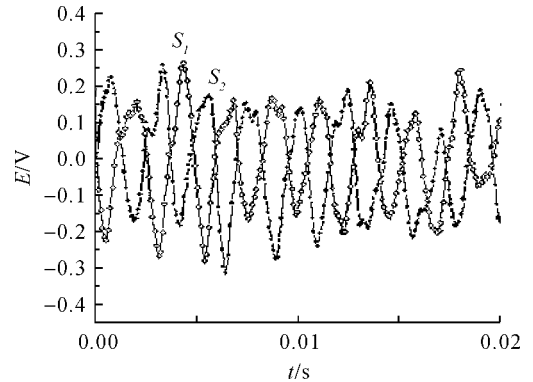


图5 传感器输出的涡街流量信号

2 实验结果

图6与图7分别为传统涡街流量计与使用了悬浮式差动传感器的涡街流量计在管道受到外力敲击时的涡街流量信号（该信号为经差动放大后

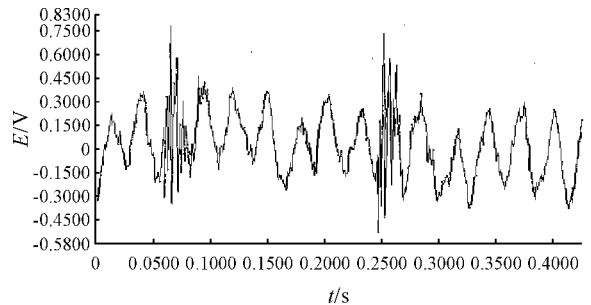


图6 管道受到外力敲击时的涡街流量信号（传统、 $14\text{m}^3/\text{h}$ ）

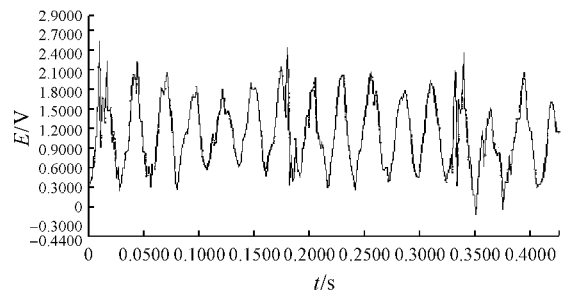


图7 管道受到外力敲击时的涡街流量信号（使用悬浮式差动传感器、 $14\text{m}^3/\text{h}$ ）

（下转第278页）

3 结束语

本文在 IEEE802.11a OFDM 系统帧结构的基础上,提出了一种使用帧本身含有的信息进行帧检测的方法,可以实现低复杂化,并对 OFDM 的优化实现以及后续的硬件实现工作都有重要的参考价值.

【参 考 文 献】

- [1] IEEE Std 802.11a-1999. Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical LAYER (PHY) specifications: High-speed Physical Layer in the 5GHz Band[S].
- [2] YUN CHIU, DEJAN MARKOVIC, HAIYUN TANG.

OFDM Receiver Design[M]. Berkeley: University of California, 2000.

- [3] WARNER W D, LEUNG C. OFDM/FM frame synchronization for mobile radio data communication [J]. IEEE Trans (Veh Technol), 1993, 42: 302-313.
- [4] VAN DE BEEK J J, SANDELL M, ISAKSSON M, et al. Low-complex frame synchronization in OFDM systems [A]. IEEE Int conf Universal Personal Commun Toronto Canada, 1995.
- [5] BAOGUO YANG, LETAIEF K B, CHENG R S, et al. Timing recovery for OFDM transmission [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Commun, 2000, 18: 2278-2291.
- [6] VINAY K INGLE, JOHN G PROAKIS. 数字信号处理及其 MATLAB 实现[M]. 西安:西安电子工业出版社, 2001.

(上接第 270 页)

的信号).由图 6 可见,传统涡街流量计对振动非常敏感,涡街流量信号中叠加了很强的干扰信号.而在使用了悬浮式差动传感器的涡街流量计中,管道受到敲击时的干扰被大大削弱,在经差动放大后几乎没有干扰信号.

3 结 论

为了使涡街流量计能够测量低流速、小流量的信号,必需尽量提高有效流量信号的幅值,而降低干扰噪声的幅值,即提高信号的信噪比.我们的工作针对一次仪表展开,提出了一种新颖的传感器结构——悬浮式差动传感器.实验证明,该传感器可使涡街信号的信噪比大大提高,从而使现有涡街流量计的抗干扰性能得以极大的改善.它对

于涡街流量计的理论研究及工程应用都具有重要的意义.

【参 考 文 献】

- [1] 徐科军,吕迅竑.基于 DSP 具有谱分析功能的涡街流量计信号处理系统[J].仪器仪表学报,2001, 22(3):255-260.
- [2] 孙淮清,姜仲霞.涡街流量计(一)[J].自动化仪表,1998(9):23-28.
- [3] 孙淮清,姜仲霞.涡街流量计(二)[J].自动化仪表,1998(10):35-40.
- [4] 蒙建波,朱麟章.流体振荡与管道振动对涡街流量频率测量的影响与自适应频率测量法[J].自动化仪表,1992(10):17-22.
- [5] 刘云松,郭磊明.涡街流量传感器的安装[J].计量与测试技术,1998(6):57-60.