

电磁法检测漩涡频率的涡街流量计

莫德举 李立平 郭红晓

(北京化工大学信息科学与技术学院, 北京 100029)

摘 要: 传统的涡街流量计对管径雷诺数 $Re_D < 10^4$ 时的流量不能测量, 且仪表的耐震性差, 遇到安装地点震动或管道振动的场合, 则测量结果经常失真, 不能保证准确性, 并且仪表的安装条件苛刻。文中介绍了基于电磁检测法的电磁涡街流量计的原理、设计及如何克服上述缺点的举措。

关键词: 流量计; 漩涡; 电磁

中图分类号: TQ 056. 15

自从 1969 年第一台涡街流量计问世以来, 由于可以测量气体、液体和蒸汽的流量, 而且结构简单、范围度宽、压力损失低、输出信号和流量呈线性关系、价格适中, 使得涡街流量计的发展异常迅速, 市场占有率上升到流量仪表的 10% 以上。涡街流量计在工业应用中仍然存在以下问题:

(1) 抗干扰性差, 尤其对管道振动敏感, 常影响测量结果;

(2) 涡街流量计是速度式仪表, 流体在管道流动时的分布畸变会影响漩涡的形式, 要求在流量计的上游至少安装 $10D$ (D 为管道直径) 长度的直管段, 下游则有 $5D$ 的直管段;

(3) 测量时, 被测流体必须满足 $Re_D \geq 2 \times 10^4$ 才能产生稳定的漩涡。

1 测量原理

如图 1 所示, 电磁涡街流量计由二部分组成: 转换显示电路(上部)和流量传感器(下部)。

流量传感器主要由漩涡发生体、信号电极、永久磁铁、壳体组成。涡街流量传感器的工作原理如图 2 所示。

被测流体流经漩涡发生体时, 当流量增大到一定程度时, 流体会在漩涡发生体两侧产生交替变化的两列漩涡。当两列漩涡的距离 h 满足公式 $h = 1.3b$ 时, 产生的漩涡是稳定的。单列漩涡的频率和流体流速之间呈下列关系:

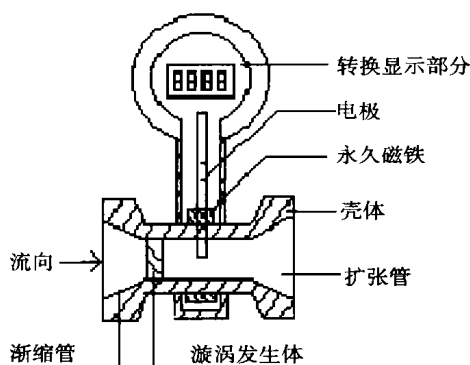


图 1 电磁涡街流量计结构

Fig. 1 The structure of electromagnetic

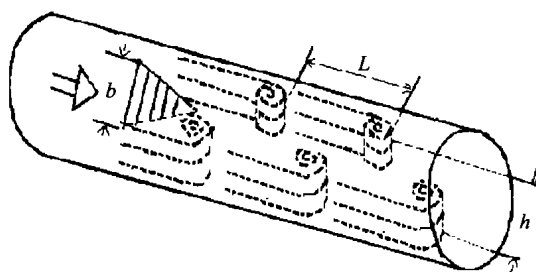


图 2 漩涡产生的原理

Fig. 2 The principle of generating vortex

$$f = St \frac{v_1}{b} \quad (1)$$

式中, v_1 为漩涡发生体两侧平均流速, m/s ; b 为漩涡发生体迎流面的最大宽度, m ; St 为斯特劳哈尔数, 当雷诺数 $Re_D \geq 2 \times 10^4$, 漩涡发生体和管径尺寸确定后, 是一常数。将式(1)整理得

$$v_1 = \frac{b}{St} f \quad (2)$$

当涡街流量计的柱宽比 $b/D = 0.28$ 时, 经计算漩涡

发生体两侧的流通面积 S_1 为

$$S_1 = \frac{D^2}{4} \left[1 - 1.25 \frac{b}{D} \right] \quad (3)$$

则流经管道的被测流体的体积流量

$$q_v = S_1 v_1 = \frac{D^2}{4} \left[1 - 1.25 \frac{b}{D} \right] \cdot \frac{b}{S_t} f = Kf \quad (4)$$

式中 $K = \frac{D^2 b}{4 S_t} \left[1 - 1.25 \frac{b}{D} \right]$

由式(4)知,对于已确定口径的流量计, b 、 D 固定。在一定的流量范围内 S_t 是常数,所以 K 为一常数;则单列漩涡的频率 f 和流量 q_v 成正比,只要检测出漩涡的频率数就可以知道被测流体的流量大小。

由图 1 可以看出,在漩涡发生体的下游有一处在磁场中心的电极,振动漩涡列向下游移动时作用于信号电极上,使信号电极产生和漩涡频率相同频率的振动。由电磁感应定律,信号电极在磁场中作切割磁力线运动,信号电极会产生感应电动势。

$$E_x = B d v_2 \quad (5)$$

式中, E_x 为感应电动势, V; B 为磁感应强度, T; d 为信号电极直径, m; v_2 为信号电极切割磁力线速度, m/s。

流体流经漩涡发生体产生交替变化的漩涡,漩涡作用于信号电极上产生感应电势 E_x ,其极性也随漩涡的交替变化而变化, E_x 变化频率就是漩涡的频率。因此,只要测出信号电极输出的感应电势 E_x ,就可知道流体的体积流量 q_v 。

2 传感器的研制

2.1 传感器壳体设计

(1) 采用了渐缩测量导管经一角度渐缩为管道直径的 $4/5$,传感器本体经这样设计后,在流量不变的条件下,流过传感器的流速增加,管径雷诺数 Re 增加,解决了拓宽测量下限的矛盾。从流体的连续性方程可得

$$S v = S_1 v_1 \quad (6)$$

式中, S 为管道内截面积, m^2 ; v 为流经管道内截面的平均流速, m/s; S_1 为流体流经有渐缩测量导管的漩涡发生体处的流通截面积, m^2 。

则

$$S_1 = \frac{S}{\left[1 - \frac{5b}{4D} \right]^2} = \frac{\frac{4}{5} D^2}{\left[1 - \frac{5b}{4D} \right]^2} = \frac{16}{25} D^2$$

将 $\frac{b}{D} = 0.28$ 代入, $S_1 = \frac{4}{25} D^2 \times \frac{65}{100}$ 。将 S_1 代入(6)

$$\text{式得 } v_1 = \frac{125}{13} v$$

上式说明,流经传感器的流体,流速大大增加了,在被测量流体的其它条件不变的条件下。管径雷诺数数值有很大的改变,经过计算可将流体的雷诺数下限从 2×10^4 降到 2 080,从而大大加宽了电磁涡街流量计的量程比。经现场实验,电磁涡街流量计的量程比为 25:1。

(2) 电磁涡街流量传感器的漩涡发生体在三角柱的基础上做了改进,将漩涡发生体迎流面、背流面设计成和梯形柱具有相同外接圆的圆柱面。漩涡发生体的迎流面设计成圆柱面,从而具有圆柱型漩涡发生体 S_t 较大的优点,在管径和迎流面宽度相同的条件下,流过相同体积的流体时,漩涡发生体可以产生更多的漩涡,使涡街流量计可以测量比较小的流量,拓宽了流量测量下限。

涡街流量计是速度式流量计,它是以测量流体流经管道的平均流速为测量依据的仪表。当流体流经漩涡发生体时,产生的漩涡容易受到传感器上游侧局部阻力件的影响,尤其是流体流经管道产生分布型畸变时,产生的漩涡质量将受到破坏,因此安装涡街流量计时,上游侧至少要有 $10D$ 长度的直管段(一般为 $20D$ 直管段长度),下游侧要有 $5D$ 长度的直管段。电磁涡街流量计本体经过上述巧妙设计后,可将上游侧直管段长度要求缩短到 $6D$,下游侧直管段长度 $3D$ 。

2.2 转换电路设计

电磁涡街流量计的转换电路的任务是把流量传感器输出的感应电动势信号转换成瞬时流量、累积流量和标准频率信号输出。电磁检测的涡街流量计转换电路结构框图如图 3 所示^[1]。

转换电路工作过程是:被测流体流经电磁流量传感器,产生漩涡,交替变化的漩涡推动信号电极在磁场中切割磁力线,从而产生感应电势 E_x ,微弱的感应电势信号 E_x 经前置放大、交流放大和低通滤波,然后由施密特触发器整形为标准频率脉冲,此信号进入微处理器 CPU,进行各种运算,再经液晶显示器显示瞬时流量、累积流量等。为防止仪表掉电,在电路中设计了掉电保护装置。为降低功耗,提高转换电路的抗干扰功能,转换电路所有的集成电路均采用低功耗器件^[2],电源采用电池供电,使得仪表小巧美观。其主要特点是:

(1) 采用电磁检测漩涡的频率,避开了检测漩涡

升力的方法,耐振动性好,消除了三维方向上的振动干扰,现场实验也充分证明了这一优点。

(2) 电磁涡街流量传感器的激磁装置采用永久磁铁。转换电路由于采用了一系列的低功耗设计方法,因而可采用电池供电,不需要交流电源,直接消除了因交流供电而引入的工频干扰,抗干扰能力强。

3 应 用

由于电磁法检测漩涡频率的电磁涡街流量计具有范围度宽、耗电少、寿命长、抗振性好、安装条件要求宽松的优点,因而应用范围比较广。现已经研制出 DN15 ~ DN200 系列, DN40 的测量精度可达

0.8%, 可用于测量大部分的气体、液体流量,适用于复杂的化工生产环境,适用温度范围可达 -40 ~ 250, 可以准确测量雷诺数大于 3 000 的液体流量。本流量计属于无空洞设计,具有避免肮脏介质堵塞的优点,适用于污水的测量。在通讯方面,本流量计采用了 HART 通讯协议,可进行远程通讯。

参 考 文 献

- [1] 刘鹏民,莫德举. 电磁式涡街流量传感器的研究. 测控技术, 1999, 18(11): 35 ~ 38
- [2] 何为民. 低功耗单片微机系统设计. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995

Research on electromagnetic vortex flowmeter

MO De-ju LI Li-ping GUO Hong-xiao

(College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Although traditional vortex flowmeter has been widely used in industry, there are still some defects in it. Firstly, it can not precisely measures flow rate of fluid unless the Reyonolds num-ber of fluid is greater than ten thousand; Secondly, the flowmeter's property of vibrance-resisting is poor, so the measuring outcome usually distorts in strong-vibrating field. The electromagnetic vortex flowmeter whose structure and principle are described in detail in this paper can overcome these defects.

Key words: flowmeter; vortex; electromagnetic

学报开通电子邮件新信箱

由于线路故障,学报已较长时间不能与校园网连接。为方便作者与编辑部联系,现学报开通新的电子邮件信箱:buctxb@263.net。外地作者在稿件录用后,可通过电子邮件发送软盘修改稿,但投稿务请从邮局寄送打印文稿,以免有误。学报原有的 E-mail 信箱暂不能使用,特告。

(学报编辑部)