

# 涡街流量计在蒸汽流量测量中的应用

徐国荣

(苏州地灵电气有限公司,江苏苏州 215200)

**摘要:**介绍了涡街流量计基本原理,并分析了流场形状变化对仪表常数的影响以及流体上游、障碍物产生的干扰对仪表的影响。

**关键词:**涡街流量计;仪表常数;蒸汽计量

**中图分类号:**TK313

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2010)01-0079-02

在工业自动化测量与控制中,对于介质流量的测量是比较重要但较难于掌握。特别是在推广工业集中供热的今天,对于蒸汽流量的正确合理计量日显重要,计量的方式是否合适将影响贸易结算的公正性及能源的节能降耗。原有标准孔板节流件对于蒸汽流量的计量已被非常广泛地认识和采用,但节流件会对被测介质产生压损。随着测量技术的发展与进步,现有一种新的流体流量测量手段已被逐步认识和推广。

## 1 涡街流量计工作原理

1911年世界著名流体专家卡门教授的涡街理论应用是涡街流量计的基本理论,但它的前提是必须在无穷大均匀流场中才能在阻流件后形成稳定的两排交错排列的旋涡。

旋涡有以下规律:

$$h/a=0.28 \quad (1)$$

式中: $h$ 为旋涡之间的横向间隔; $a$ 为旋涡的前后间隔<sup>[1]</sup>。那么在封闭管道中流场的速度是非同速的,按照流体力学知识,在水力光滑管中, $V$ 为流体的流速, $V_{\max}$ 为管道中最大流速,层深状态时:

$$\frac{V}{V_{\max}} = \left(1 - \frac{r}{R_0}\right)^2 \quad (2)$$

即在层深时,流速呈现抛物线形状。

在紊流状态中:

$$\frac{V}{V_{\max}} = \left(1 - \frac{r}{R_0}\right)^{1/n} \quad (3)$$

式中: $n$ 为一个与雷诺数有关的参数,在现实管道中还与管壁粗糙度有关, $r$ 为管中心到管壁的距离<sup>[2]</sup>。

所以在管道中要插入的阻流件就有以下任务:

(1)通过三角柱对流体的阻塞作用,使流体流过两侧弓形面时几乎使三角柱两侧上下流通速度达到一致。

(2)产生稳定、强烈、规则的旋涡。

(3)使形成的旋涡频率在较大的流速范围内呈

线性关系,即尽量宽量程范围。

经过多年的应用对比及与有关流量计生产单位的实验探讨,得知三角柱宽度与管道直径比 $d/D$ 控制在0.28时效果较好,三角板的尾角在 $38^\circ \sim 42^\circ$ 均可以, $38^\circ$ 时在空气中标定线性好, $42^\circ$ 在水中标定线性好。

在三角柱具体安装时,对于测尾流振动频率的探头外置型涡街,三角柱与管壁必须紧密连接,缝隙尽量小,并且两侧不能有焊点,否则旋涡会有噪声干扰。此时通过敏感元件所测检漏信号并给电路处理即能获得旋涡频率 $f$ :

$$f = S_t \times \frac{V}{d} \quad (4)$$

由式(4)可见 $f$ 与管流流速成正比。

通过在气体标定装置或水的标定装置上检定可以获得仪表系数 $K$ , $K$ 是单位工况体积介质流过流量计时产生的脉冲数(即旋涡个数),即一个脉冲反过来代表多少工况体积的流体介质(注意是工况体积)。所以涡街流量计类似于没有活动部件的容积式流量计,是先天的数字流量计。

## 2 涡街流量计现场安装及注意事项

流量仪表一经选定,其安装的正确与否便成为非常重要的问题。确保流速分布稳定是涡街计正确安装保证仪表正常工作的最关键条件之一,而仪表通径与管道内径是否匹配就是其中非常重要的一个因素。实际使用中钢管的标准根据工艺参数要求不同有很大的区别,如 $D273$ 钢管,现场使用的钢管壁厚有区别,具体规格有 $D273 \times 6$ 、 $D273 \times 7$ 、 $D273 \times 8$ 等,这样同样 $D273$ 管实际钢管的内径就有区别。而涡街流量计的通径则一般都比较标准,有 $DN50$ 、 $DN100$ 、 $DN150$ 、 $DN200$ 、 $DN300$ 等,这样必然就存在一个匹配的问题,而这一点在现场使用中恰恰没有得到足够的重视。

涡街流量计仪表与管道内径相等是最为理想的,如果流量仪表通径与管道内径存在差异,就可能

产生附加误差,具体可分以下几种情况:

(1) 管道实际内径大于仪表通径,但两者之差不超过后者的3%,这时所产生的误差很小,仍在仪表的精度范围内,对测量无影响,不需要任何修正;

(2) 管道实际内径小于仪表通径,但两者之差在一定的范围内,即通径DN15至DN100小于等于3%,DN150及以上小于等于1%,则产生的误差较小,这时可以通过对仪表系数K进行修正来补偿,消除影响;

(3) 管道内径与仪表通径之差较大,超过上述允许范围,这时所产生的误差也较大,即使修正仪表系数K也无法满足测量精度及稳定性的要求。其原因是这种工况下相当于涡街流量计前已无直管段,由于管道的突变使流体流速的分布受到扰动发生畸变,这种干扰随着流速等参数的变化而变化,并非固定不变,是无法修正的变量。由此造成涡街流量计工作不稳定,输出频率信号与流速的比例关系失真,严重影响使用精度,甚至引起波动导致仪表无法正常工作。

据此在工程设计和仪表安装时应考虑尽可能选用管道内径略大于仪表通径,但是两者之差不超过后者的3%,同时尽量保证流量计与管道安装时的同心度,以免产生台阶影响流场分布而影响使用效果。

除此之外还有以下一些安装时应注意的细节问题,如有不慎也将影响使用效果,甚至使涡街不能正常工作:

(1) 涡街流量计安装前后直管段的要求:要注意调节阀在小流量时易产生射流,阀后安装流量计直管段过短会造成涡街流量计工作不稳定<sup>[3]</sup>。

(2) 上游如果有插入式测温元件,也会产生频率很高的旋涡,类似阀门干扰,距离也必须远离,或者尽量安装在流量计后,因为流量计前后基本不会有这么大的温差,完全能满足温度测量的要求。

(3) 在焊接法兰切割管子时,焊口要磨平整,不能有焊渣升入到管道中,不平整光滑的焊缝也会影响流场的均匀分布。

(4) 上游安装测压口时孔不必开得很大,也不能有焊渣探入到管边中,更不允许取压管有伸入管内的情况发生。

(5) 安装涡街流量计的管道处应尽量避免振动,振动可能会产生干扰信号,等。

### 3 涡街流量计在蒸汽流量计量应用中应注意的问题

国内在工业较发达的地区热电联产,区域供汽

供热的现象已很普遍,为工业供热贸易结算提供准确可靠的计量数据也就显得非常重要。

首先应注意一个常识,在很多地方计量技术监督部门有明文规定,所有用于贸易结算的计量表计都是计量技术监督部门强制鉴定的仪表,也就是说用于贸易结算的计量表计在安装前都应送计量监督部门或计量监督部门授权认可的计量鉴定机构鉴定合格。出厂前生产厂家出厂检定报告不具有法律效力,一旦产生贸易纠纷未经计量鉴定部门鉴定合格的仪表将得不到计量技术监督部门的支持,将直接认定为计量不合格并承担主要责任。这一点经常会被忽视。

其次涡街流量计在蒸汽流量测量中还应注意温压补偿问题,涡街流量计检测的是流体在工作状态下的体积流量,而在日常贸易结算中蒸汽流量计量习惯用质量流量表示,计量单位主要为t,kg等。

因此就必然存在一个体积流量到质量流量的折算过程,折算系数中就包括流体密度的因素,而蒸汽密度又因温度压力的不同而不同,所以涡街流量计在蒸汽流量测量中引入温度压力补偿的目的就是在蒸汽实际工况偏离设计工况时,将根据实测温度压力参数计算蒸汽密度,将蒸汽密度对质量流量测量结果的影响予以修正。

蒸汽流量的温压补偿修正公式是一个比较复杂的数学公式,一般是由智能二次仪表如流量积算仪或DCS流量累积功能模块等来完成复杂的计算过程,在平时的工作中可以用简化的人工计算公式进行复核,具体如下<sup>[4]</sup>:

饱和蒸汽流量计算修正公式为

$$M_s = \frac{M_d(\rho)}{\rho_x} \quad (\rho = ap + b) \quad (5)$$

过热蒸汽流量计算修正公式为

$$M_s = \frac{M_d(\rho)}{\rho_x} \quad [\rho = f(p, t)] \quad (6)$$

式(5,6)中: $M_s$ 为流体质量流量,kg/h; $M_d$ 为仪表指示流量,kg/h; $\rho_x$ 为刻度流量时蒸汽的密度,kg/m<sup>3</sup>; $\rho = ap + b$ ,为饱和蒸汽的密度表达式; $a, b$ 为常数,取值与压力 $p$ 有关; $p$ 为液体的工作压力,MPa(绝压); $\rho = f(p, t)$ ,为过热蒸汽的密度表达式; $t$ 为过热蒸汽温度,℃。

$$M_d = M_m / (V_g - V_d)(V_L - V_d) \quad (7)$$

式中: $M_m$ 为在标准状态下流量标尺上限,kg/h; $V_g, V_d$ 为仪表的信号制上、下限电压信号, $V; V_L$ 为流量计输出信号, $V$ 。

表1列出了 $a, b$ 与 $p$ 的关系,表2列出了 $\rho$ 与 $p, t$ 的关系。

(下转第84页)

电机中。

推广使用高压绕线式电机和采用斩波内反馈调速技术,对高压风机和泵负载较多的发电厂和钢铁厂等具有巨大的节能经济效益,对我国节能减排事业具有重大意义,它的产业发展,会给我国社会经济带来巨大的效益。

#### 参考文献:

- [1] 白 恺,孙维本. 火电厂大型电动机应用变频调速技术的可行性[J]. 华北电力技术,1999(11):33-35.  
 [2] 宁 亭,陶醒世,柳 哲. 变频调速异步电动机的设计策略[J]. 华中理工大学学报,1995,23(4):12-15.  
 [3] 宋书忠,常晓玲. 交流调速系统[M]. 北京:机械工业出版社,2001.

- [4] 刘学忠,徐传骧. PWM 变频调速电动机端子上电压特性的研究[J]. 电工技术学报,2000,15(5):26-28.

#### 作者简介:

范立新(1966-),男,安徽巢湖人,高级工程师,从事电气试验研究工作;  
 张建兴(1965-),男,江苏江阴人,高级工程师,从事电力节能产品策划工作;  
 陈建友(1979-),男,江苏淮安人,工程师,从事电力节能产品研发工作;  
 吴东佶(1981-),男,吉林白城人,工程师,从事电力节能产品研发工作。

## Application of a New Type of Internal Feedback Chop-wave Cascade Speed-regulation System in Energy Saving

FAN Li-xin<sup>1</sup>, ZHANG Jian-xin<sup>2</sup>, CHEN Jian-you<sup>2</sup>, WU Dong-ji<sup>2</sup>

(1. Jiangsu Frontier Electric Power Technology Co. Ltd., Nanjing 211102, China;

2. Jiangsu Fangcheng Electric Power and Technology Co. Ltd., Jiangyin 214433, China)

**Abstract:** Since more than 60% of the total power load is the motor load, cutting down the energy consumption of motors has been one of the important means for energy saving. As the main components of high-voltage motor load, the load of electric fans and pumps are described in detail with practical examples in the paper. The measures based on the internal feedback chop-wave cascade speed-regulation system as well as the significant economic effect are also introduced.

**Key words:** internal feedback chop-wave cascade speed-regulation system; speed control; energy saving

(上接第 80 页)

表 1  $a, b$  与  $p$  的关系 ( $p$  为绝压)

压力范围	$a$	$b$
290~790 kPa	$5.02 \times 10^{-3}$	0.151 2
490~1 470 kPa	$4.923 \times 10^{-3}$	0.216 9
980~1 960 kPa	$4.874 \times 10^{-3}$	0.284 0

表 2  $\rho$  与  $p, t$  的关系

$p, t$ 波动范围	$\rho = f(p, t)$
$p$ 在 980~14 700 kPa $t$ 在 400~500 °C	$\rho = 1.856 \times 10^{-2} p / (0.01 t - 5.608 44 \times 10^{-4} p + 1.66)$
$p$ 在 580~2 000 kPa $t$ 在 250~400 °C	$\rho = 1.944 \times 10^{-2} p / (0.01 t - 1.467 \times 10^{-4} p + 2.162 7)$
$p$ 在 580~1 500 kPa $t$ 在 160~250 °C	$\rho = 1.888 \times 10^{-2} p / (0.01 t - 2.205 \times 10^{-4} p + 2.11)$
$p$ 在 98~24 500 kPa $t$ 在 120~600 °C	$\rho = 1 / [(1/p)(0.461 t + 126.1) - 0.009 7 + 1.32 \times 10^{-5} p]$

## 4 结束语

深入了解涡街流量计原理,了解现场安装及应用的基本知识及相关经验,可以在现场得到很好的使用,发挥涡街流量计的优势,更好地服务于工业测量与控制领域。

#### 参考文献:

- [1] 姜仲霞,姜川涛,刘桂芳. 流体力学[M]. 陕西:西安交通大学出版社,2006.  
 [2] 苏彦勋,梁国伟,盛 健. 涡街流量计[M]. 北京:中国石化出版社,2006.  
 [3] 苏焰勋. 流量计量与测试[M]. 北京:中国计量出版社,2007.  
 [4] 左国庆,明赐东. 自动化仪表故障处理实例[M]. 北京:化学工业出版社.

#### 作者简介:

徐国荣(1973-),男,江苏常州人,工程师,主要从事电力自动化控制工作。

## Application of Vortex Flow Meter in Steam Measurement

XU Guo-rong

(Suzhou Diling Electrical Engineering Technology Co., Ltd., Suzhou 215200, China)

**Abstract:** This paper introduces the basic principles of vortex flow meter and analyzes the impact of flow field's shape change on equipment constant parameters. Meanwhile, effects to the equipment caused by upstream fluid and obstacles are presented.

**Key words:** vortex flow meter; instrument constant parameters; steam measurement