

流量仪表的 性能与选用

杨振顺 编著



中国计量出版社

流量仪表的性能与选用

杨振顺 编著

中国计量出版社

(京)新登字 024 号

图书在版编目(CIP)数据

流量仪表的性能与选用/杨振顺著—北京:中国计量出版社,1996.7
ISBN 7-5026-0888-5

I. 流… II. 杨… III. 流量仪表 IV. TH814

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12379 号

内 容 提 要

本书详细介绍了差压式流量计及孔板流量计的原理、测量系统等基础知识,分析了这两种流量计的演变与完善。同时还简要介绍了其他各种流量仪表的原理、性能、特点及存在的问题。最后介绍了几种高性能的智能型流量仪表。

本书可作为企业科技人员、管理人员学习、选用流量仪表的参考书。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

通县向阳印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

850×1168 毫米 32 开本 印张 7 字数 118 千字

1996 年 7 月第 1 版 1996 年 7 月第 1 次印刷

*

印数 1 4500 定价:13.00 元

前 言

流量仪表是工业企业必不可少的热工计量仪表,几乎所有的液态、气态介质的原材料和产品都需要准确计量,热力系统中的水、蒸汽及空气流量也需要计量。在当前企业经营机制改革不断深化的形势下,企业产品的成本核算和能源的科学管理都需要配备流量计量仪表。因此,选用适合本企业使用的流量仪表,是企业主管部门必须考虑的问题之一。

近年来,市场上的流量仪表种类很多,既有国产流量仪表,又有国外生产的流量仪表,国外仪表价格比国内同类仪表的价格高出三倍以上,但价格高不一定测量的准确度就高。在各式各样的流量仪表中,使用者需要了解它们的性能,选择适合本企业使用的流量计量仪表。本书通过对各种流量仪表的原理、结构、技术指标及优缺点的介绍,其目的就是指导用户选择所需要的流量仪表。

随着计算机技术的普遍应用,流量仪表产品发生了巨大变化,已从多年来使用的常规模拟型仪表发展到智能型数字仪表,本书用较大篇幅介绍了差压式流量计和涡街流量计,就是考虑到这两种仪表智能化后,仪表性能和技术指标有了大幅度提高,完全可以满足工业流量计量要求,应该说是值得向用户推荐的两种流量仪表。

本书具有一定的专业理论知识,但在编写过程中,注重仪表的

实际应用,从流量仪表使用状况,了解仪表的性能、优缺点、存在的问题及改进措施。本书适用于各工矿企业从事计量仪表工作的干部、工程技术人员和仪表技工阅读。

作者在国家技术监督局全国能源标准化检测中心工作,接触了一些流量仪表的使用情况,听到了一些用户的意见,但了解得不够广、不够深,再加上作者的水平有限,在写作中难免出现缺点和错误,希望读者批评指正。

编著者

1996年4月

目 录

第一章 差压式流量计	(1)
第一节 差压式流量计的基础知识	(1)
一、测量原则	(1)
二、测量系统的组成	(1)
三、节流装置	(1)
四、差压变送器和二次仪表	(3)
五、差压式流量计的安装	(5)
第二节 标准节流装置	(11)
一、按国标《GB2624-81》计算节流件孔径出现的问题	(11)
二、节流装置实用流量公式的推算	(12)
三、按新旧两个国家标准计算节流件孔径的比较	(13)
第三节 差压式流量计的演变与完善	(22)
第四节 差压式流量计的测量误差分析	(28)
第五节 差压式流量计的选用	(32)
一、被测介质为水或液体时应选用的差压式流量计	(33)
二、被测介质为饱和蒸汽时应选用的差压式流量计	(35)
三、被测介质为湿饱和蒸汽时应选用的差压式流量计	(40)
四、被测介质为过热蒸汽或气体时应选用的差压式流量计	(43)
第六节 差压式流量计的性能指标检验	(45)
一、节流装置的检验	(45)
二、差压变送器的标定	(46)
三、压力变送器的标定与零点迁移	(48)
四、测温元件的检验及安装	(49)
五、流量显示积算仪的校验	(50)
六、差压式流量计示值可信度的简易判断方法	(55)
第七节 差压式流量计的现场维护	(58)
一、一般维护常识	(59)
二、对各种故障现象的分析及排除	(59)
第二章 速度式流量仪表	(62)
第一节 涡街流量计的基础知识	(62)

一、测量原理	(62)
二、涡街频率的测量方法	(65)
二、涡街流量传感器	(67)
四、涡街流量显示积算仪	(77)
第二节 涡街流量计的改进与完善	(82)
一、涡街流量计的流量测试系统	(82)
二、涡街流量传感器的改进与完善	(84)
三、对流量显示积算仪的要求	(85)
第三节 对涡街流量计的评价	(87)
一、涡街流量计的优点	(87)
二、涡街流量计的缺点	(88)
第四节 涡轮流量计	(90)
一、涡轮流量计的结构原理	(90)
二、涡轮流量计的使用与维护	(95)
三、涡轮流量计使用的局限性	(99)
第五节 电磁流量计	(100)
一、电磁流量计的测量原理	(100)
二、电磁流量计的结构	(102)
三、对电磁流量计的评价	(105)
第六节 超声波流量计	(107)
一、超声波流量计的基本原理	(108)
二、对超声波流量计的评价	(114)
第三章 其他流量仪表	(117)
第一节 容积式流量仪表	(117)
一、椭圆齿轮流量计	(118)
二、腰轮流量计	(119)
三、对容积式流量计的评价	(120)
第二节 转子流量计	(121)
一、转子流量计的测量原理	(122)
二、对转子流量计的评价	(124)
第三节 靶式流量计	(126)
一、靶式流量计的测量原理	(126)
二、对靶式流量计的评价	(128)
第四节 阿牛巴-浮子流量计	(129)
一、结构及工作原理	(129)

二、仪表的安装使用	(131)
三、对阿牛巴-浮子流量计的评价	(132)
第五节 分流旋翼式流量计	(133)
一、结构及工作原理	(134)
二、仪表的安装与使用	(136)
三、对分流旋翼式流量计的评价	(137)
第四章 流量显示积算仪	(139)
第一节 智能型流量显示积算仪在流量测量系统中的作用	(139)
一、提高流量测量系统的可靠性	(140)
二、提高流量测量的准确度	(141)
三、完善流量仪表的其它功能	(142)
第二节 YZS-1 型湿蒸汽热流仪	(142)
一、测量原理	(143)
二、仪表结构	(145)
三、仪表的安装与使用	(145)
四、仪表的特点	(147)
第三节 YZS-2 型气(汽)热工参数仪	(149)
一、测量原理	(151)
二、仪表结构	(152)
三、仪表的安装与使用	(153)
四、仪表的特点	(155)
第四节 YZS-6 型精密流量积算仪	(157)
一、结构原理	(158)
二、仪表的使用	(160)
三、仪表的特点	(163)
结束语	(166)
附录一、压力单位换算表	(169)
附录二、国内各地区大气压力参考表	(170)
附录三、体积流量、质量流量换算表	(172)
附录四、饱和水与饱和水蒸汽表(按温度排列)	(173)
附录五、饱和水与饱和水蒸汽表(按压力排列)	(175)
附录六、过热蒸汽表	(181)
附录七、Pt100 型铂电阻分度表	(201)

第一章 差压式流量计

第一节 差压式流量计的基础知识

一、测量原理

充满管道的流体流经节流装置时,流束将在节流件处收缩,使流速加快,静压力降低,导致节流件前后产生差压。流速增大,差压也随之增大。因此,通过测量差压,可以确定流量,采用这种原理测量流量的仪表称差压式流量计。

二、测量系统的组成

测量系统如图 1-1 所示,它是由节流装置、引压导管、三阀组、差压变送器和二次仪表组成。节流装置将管道中流体的流速转变成差压信号,引压导管将差压信号送至差压变送器,差压变送器将差压信号转变成标准电流信号,最后由二次仪表通过对电流信号的运算处理,显示出流体的流量来。

上述测量系统是差压式流量计最原始的测量系统,它需要在一系列假设条件下才能成立,如假设流体是满管流动,假设流体处于紊流状态,假设流体的温度、压力不变,等等。

三、节流装置

节流装置由节流件和取压装置构成。节流件有孔板、喷嘴、文丘里管及文丘里喷嘴等标准件。测量低压流体流量时,节流件一般

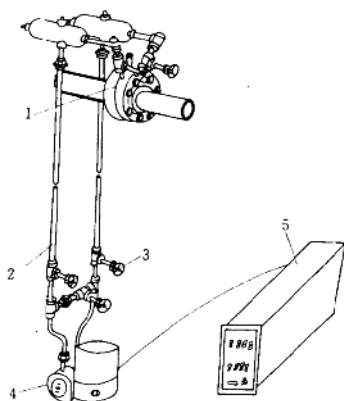


图 1-1 差压式流量计的组成

1-节流装置;2-引压导管;3-三阀组;4-差压变送器;5-二次仪表

采用标准孔板;测量高温、高压流体流量,一般采用喷嘴或文丘里管。取压装置有两个取压口,一个是上游取压口,一个是下游取压口,上游取压口引出流体的正压力,下游取压口引出流体的负压力。不同的取压方式,上下游取压口的位置不同,常用的取压方式有下列几种:

1. 角接取压

角接取压口可以是单独钻孔取压(图 1-2 中的下部)或环隙取压(图 1-2 中的上部)。图中所示的取压口位置在夹紧环上。

2. 法兰取压口

法兰取压如图 1-3 所示,取压口位于孔板上下游的两个法兰上,取压口离孔板的距离分别等于 25.4 mm。

3. D 和 $D/2$ 取压

孔板上游取压口距孔板的距离为 D ,下游取压口距孔板的距离为 $D/2$ (见图 1-4)。

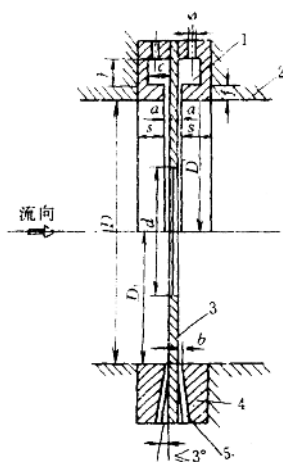


图 1-2 角接取压口

1-环室;2-法兰;3-孔板;4-夹紧环;5-单独钻孔

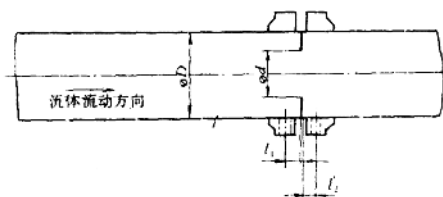


图 1-3 法兰取压口

四、差压变送器和二次仪表

差压变送器是差压式流量计中的重要组成部分,它将节流装置
的差压信号转变成电流信号,以便于二次仪表处理和运算。最初
的差压式流量计是机械式仪表,它的差压变送器和二次仪表为一
体,差压的开方运算由凸轮实现,这种仪表的性能差,测量的准确
度低。差压变送器作为一个独立的变送装置,将转变的电流信号送

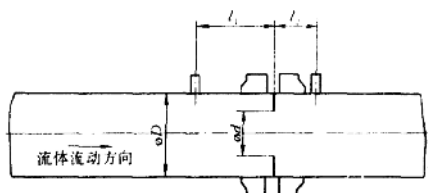


图 1-4 D 和 D/2 取压口

至二次仪表,有利于信号传递,有利于二次仪表计算流量。通常使用的差压变送器是 DDZ-2 型差压变送器和 DDZ-3 型差压变送器,DDZ-2 型差压变送器工作电源为 $\sim 220\text{ V}$,转换后的标准电流信号为 $0\sim 10\text{ mA}$ 。DDZ-3 型差压变送器的工作电源为 $+24\text{ V}$,转换后的标准电流信号为 $4\sim 20\text{ mA}$,这种差压变送器更安全,是目前使用得最多的一种差压变送器。这两种差压变送器的准确度均为 $\pm 0.5\%$,基本上满足工业计量要求。除了这两种差压变送器外,80 年代初期,又出现了电容式差压变送器,这种差压变送器的性能优于 DDZ-2、DDZ-3 型差压变送器,仪表的准确度可达 $\pm 0.25\%$,但价格较贵,目前国内有两种系列产品,一种是西安仪表厂生产的 1151 系列差压变送器,另一种是北京远东仪表公司生产的 1751 系列差压变送器。

二次仪表的作用是将接收的差压电流信号经过转换和运算,最终显示出流量值来。二次仪表的种类很多,最简单的二次仪表实际上是一块电流表,不过进入该表的电流信号应是经过开方器开方后的电流信号。由于流量与差压的开方成比例,开方后的差压电流信号就代表了被测流量值,例如,节流装置的刻度流量为 $q_m = 10\text{ t/h}$,经开方器开方后的电流信号范围为 $0\sim 10\text{ mA}$,则每 1 mA 电流代表 1 t/h 流量,仪表指示的电流值直接反映出流量的大小。

有的二次仪表可直接接收差压电流信号,电流的开方运算在二次仪表内完成。考虑到流体的工况变化,有的二次仪表还可接收流体的温度信号和压力信号,对流体密度进行补偿修正。流体的温

度信号可能是铂电阻温度计测得的电阻信号,也可能是通过温度变送器转换后的电流信号;流体的压力信号都应经压力变送器转换成电流信号。二次仪表处理上述信号,包括乘除运算和开方运算,得到经温度、压力补偿修正后的流量值。我国 80 年代初期生产的流量仪表,大多是这种类型的流量仪表。这种流量仪表的特点是采用电子线路实现对温度、压力及差压信号的处理和运算,是典型的模拟型仪表。这种仪表的准确度比无温度、压力补偿的要高,但由于采用分立电子元件处理信号,仪表的可靠性差,性能不够稳定。

近年来,随着微机技术的推广应用,二次仪表也逐步实现了智能化。智能化仪表的最大特点是将模拟运算改变成数字运算,电子线路中的各种晶体管分立元件被集成度很高的芯片所代替。智能仪表硬件通常包括两部分,一部分是模拟转换电路,它的作用是将电阻信号、电流信号及电压信号转换成标准电压信号,进而转变成数字信号;另一部分是数字电路,它的作用是根据仪表软件,完成各种复杂的数学运算,并将运算结果显示出来。智能型差压式流量计的运算精度比模拟型仪表高,性能也比模拟型仪表可靠,从目前发展趋势看,模拟型仪表会被淘汰,智能型仪表会逐步占领市场。

五、差压式流量计的安装

差压式流量计的安装包括节流装置、导压管路及差压变送器等部分的安装。差压式流量计的准确度一般为 $\pm 1.5\%$,如果安装不正确,实际测量误差会大大超过 $\pm 1.5\%$,因此,必须按标准的有关规定安装。

1. 标准节流装置的安装

图 1-5 是节流件为标准孔板的安装图。节流装置的安装应符合下列规定。

(1)安装好的节流装置应保证流体充满测量管道。管内流体的流动状态应是紊流状态,并且无漩涡。

(2)节流件上、下游应有足够长度的直管段,表 1-1、表 1-2 列

出了不同节流件和阻流件形式所要求的最短直管段长度。

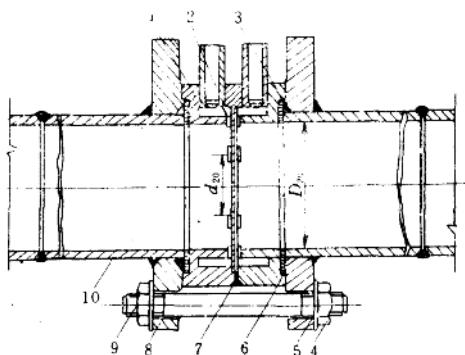


图 1-5 节流装置安装图

1-前室;2-节流件;3-后环室;4-螺母;5-垫圈;6、7-垫片;8-法兰;9-双头螺栓;
10-短管

表 1-1 孔板、喷嘴及文丘里喷嘴所要求的最短直管段长度

直径比 $\beta \leq$	节流件上游侧阻流件形式和最短直管段长度							节流件下游最短直管段长度 (包括在本表中的所有阻流件)
	单个 90°弯头或三通 (流体仅从一个支管流出)	在同一平面上的两个或多个 90°弯头	在不同平面上的两个或多个 90°弯头	渐缩管 (在 1.5D 至 3D 的长度内 2D 变为 D)	渐扩管 (在 1D 至 2D 的长度内由 0.5 D 变为 D)	球阀全开	全孔球阀或闸阀全开	
0.20	10(6)	14(7)	32(17)	5	16(8)	18(9)	12(6)	4(2)
0.25	10(6)	14(7)	34(17)	5	16(8)	18(9)	12(6)	4(2)
0.30	10(6)	16(8)	34(17)	5	16(8)	18(9)	12(6)	5(2.5)
0.35	12(6)	16(8)	34(18)	5	16(8)	18(9)	12(6)	5(2.5)
0.40	14(7)	18(9)	36(18)	5	16(8)	20(10)	12(6)	6(3)
0.45	14(7)	18(9)	38(19)	5	17(9)	20(10)	12(6)	6(3)
0.50	14(7)	20(10)	40(20)	6(5)	18(9)	22(11)	12(6)	6(3)
0.55	16(8)	22(11)	44(22)	8(5)	20(10)	24(12)	14(7)	6(3)

续表 1-1

直径比 $\beta \leq$	节流件上游侧阻流件形式和最短直管段长度							节流件下游最短直管段长度 (包括在本表中的所有阻流件)
	单个 90°弯头或三通 (流体仅从一个支管流出)	在同一平面上的两个或多个 90°弯头	在不同平面上的两个或多个 90°弯头	渐缩管 (在 1.5D 至 3D 的长度内 2D 变为 D)	渐扩管 (在 1D 至 2D 的长度内由 0.5D 变为 D)	球阀全开	全孔球阀或闸阀全开	
0.60	18(9)	26(13)	48(24)	9(5)	22(11)	26(13)	14(7)	7(3.5)
0.65	22(11)	32(16)	54(27)	11(6)	25(13)	28(14)	16(8)	7(3.5)
0.70	28(14)	36(18)	62(31)	14(7)	30(15)	32(16)	20(10)	7(3.5)
0.75	36(18)	42(21)	70(35)	22(11)	38(19)	36(18)	24(12)	8(4)
0.80	46(23)	50(25)	80(40)	30(15)	54(27)	44(22)	30(15)	8(4)
对于所有的直径比 β	阻流件							上游侧最短直管段长度
	直径比 $\beta \geq 0.5$ 的聚缩管							30(15)
	直径小于或等于 0.03D 的温度计套管或插孔							5(3)
	直径在 0.03D 和 0.3D 之间的温度计套管或插孔							20(10)

注: (1) 表中不带括号的值为零附加不确定度的值。

(2) 表中带括号的值为 0.5% 附加不确定度的值。

(3) 直管段长度均以直径 D 的倍数表示, 均以节流件上游端面量起。

表 1-2 经典文丘里管所要求的最短直管段长度

直径比	单个 90°短半径弯头	在同一平面内 2 个以上 90°弯头	在不同平面内 2 个以上 90°弯头	在 3.5D 内由 3D 变为 1D 的缩管	在 D 内由 0.75D 变为 D 的扩管	全开球阀或闸阀
0.30	0.5	1.5(0.5)	(0.5)	0.5	1.5(0.5)	1.5(0.5)
0.35	0.5	1.5(0.5)	(0.5)	1.5(0.5)	1.5(0.5)	2.5(0.5)
0.40	0.5	1.5(0.5)	(0.5)	2.5(0.5)	1.5(0.5)	2.5(1.5)
0.45	1.0(0.5)	1.5(0.5)	(0.5)	4.5(0.5)	2.5(1.0)	3.5(1.5)
0.50	1.5(0.5)	2.5(1.5)	(8.5)	5.5(0.5)	2.5(1.5)	3.5(1.5)
0.55	2.5(0.50)	2.5(1.5)	(12.5)	6.5(0.5)	3.5(1.5)	4.5(2.5)
0.60	3.0(1.0)	3.5(2.50)	(17.5)	8.5(0.5)	3.5(1.5)	4.5(2.5)
0.65	4.0(1.5)	4.5(2.5)	(23.5)	9.5(1.5)	4.5(2.5)	4.5(2.5)

直径比	单个 90° 短半径弯头	在同一平 面内 2 个以 上 90°弯头	在不同平 面内 2 个以 上 90°弯头	在 3.5D 内 由 3D 变 为 1D 的短管	在 D 内由 0.75D 变为 D 的短管	全开球阀 或闸阀
0.70	4.0(2.0)	4.3(2.5)	(27.5)	10.5(2.5)	5.5(3.5)	5.5(3.5)
0.75	4.5(3.0)	4.5(3.5)	(29.5)	11.5(3.5)	6.5(4.5)	5.5(3.5)

(3)管道直径 D 值应为上游取压口到上游 $0.5D$ 长度范围内的内径平均值,该平均值至少是三个横截面内所测得的内径平均值,其中两个横截面距上游取压口分别为 $0D$ 和 $0.5D$ 。如果有夹紧环,该 $0.5D$ 应从夹紧环上游边缘算起,在每个横截面内至少测 4 个直径,求算术平均值,这 4 个直径大约有相等角度。

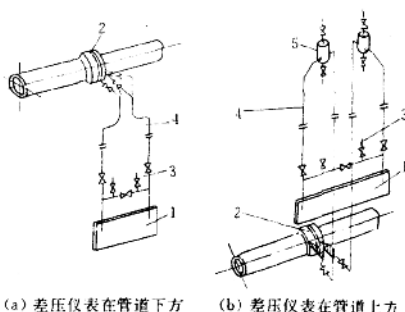


图 1-6 被测介质为液体时导压管路安装图

1-仪表(差压变送器);2-节流装置;3-排污阀;4-导压管;5-集气器

(4)如果节流件上游直管段长度达不到表 1-1 和表 1-2 中的要求,建议加装流动调整器,它应安装在接近于节流件的直管段上。流动调整器可选用 GB/T2624—93 推荐的下列 5 种结构形式:

A 型:平面交叉式流动调整器(压损: $5\rho U^2/2$);

B 型:多孔板式流动调整器(压损: $11\rho U^2/2$);

C 型:管束式流动调整器(压损: $5\rho U^2/2$);

D 型:栅格式流动调整器(压损: $0.25 U^2\rho/2$);

E 型:径向叶片式流动调整器(压损: $0.25\rho U^2/2$)。