

节能监测员基本知识(四)

第五部分 测量技术及测试仪表(中)

压 力 测 量 技 术

压力是工业生产过程中的重要参数之一。流体的输送,物质的物理性质的变化均与压力有关。因此,压力测量在热工测量中有着相当重要的地位。

一、压力的基本概念及单位:

(一)基本概念

压力就是垂直而均匀地作用在单位面积上的压力。它的大小由两个因素所决定,即受力面积和垂直作用力的大小,用数学式表示: $P=F/S$

P —压力, F —垂直作用力, S —受力面积。

(二)压力单位

在国际单位制中,压力单位是帕斯卡,简称帕,符号 Pa,它的定义是在每平方米面积上,垂直作用了 1 牛顿的力: $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$

过去有很多压力单位,如:1、物理大气压

(1atm);2、工程大气压($1\text{kg}\cdot\text{f}/\text{cm}^2$);3、毫米水柱(mmH_2O);4、毫米水银柱(mmHg);5、巴(bar);6、磅力/英寸²等等,这些单位均不是法定计算单位,应禁止使用。

二、压力测量仪表的分类

工业上所测量的压力范围极宽,由小于 0.13Pa 的绝对压力起到超过 $2\times 10^8\text{Pa}$ 以上的压力。同时由于工况条件、介质情况的差异,因此,为满足生产与测试需要,出现了许多类型的测压仪表。

按测压工作原理则可分为四大类,液柱式压力计、弹性压力表、电气压力表和活塞式压力计。这四类表的主要技术性能列表于后。

三、常用测压仪表

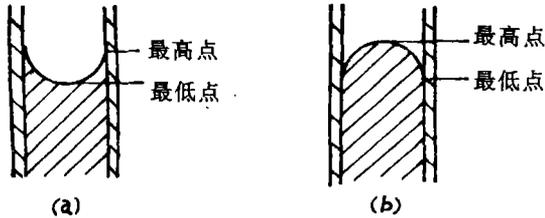
(一)液柱式压力计

测压仪表类型及其主要技术性能

类 型	测量范围(Pa)	精 度	优 缺 点	主 要 用 途
液柱式压力计	$0\sim 2.66\times 10^5$ (0~2000mmHg)	0.5 1.0 1.5	结构简单,使用方便,但测量范围窄,只能测量低压或微压,易损坏。	用来测量低压及其真空度,或作压力标准计量仪器。
弹性式压力表	$1\times 10^5\sim 10^9$ (-1~10kg·f/cm ²)	精密 0.2~0.5 一般 1.0 1.5 2.5	测量范围宽、结构简单、使用方便、价格便宜、可制成电气远传式传送,广泛使用。	用来测量压力及真空度,可就地指示,也可集中控制,具有记录、发信、报警、远传性能。
电气压力表	$7\times 10^2\sim 5\times 10^8$ ($7\times 10^{-3}\sim 5\times 10^3$ kg·f/cm ²)	0.2~1.5	测量范围广,便于集中控制和远传。	用于压力需要远传和集中控制的场合
活塞式压力计	$-10^5\sim 2.5\times 10^5$ 至 $5\times 10^9\sim 2.5\times 10^8$ (-1~2.6 至 50~ 2500kg·t/cm ²)	一等 0.02 二等 0.05 三等 0.2	测量精度高,但结构复杂,价格较贵。	用来检定精密压力计普通压力表。

优缺点及主要用途见上表

在使用 U 型管压力计时,由于毛细管和液体表面张力的作用,会引起管内液面呈弯月状,若工作液体对管壁是浸润的(如图 a 的水—玻璃管)则在管内形成下凹的曲面,读数时必须读凹面的最低点。若工作液体不对管壁浸润(如图 b 的水银—玻璃管)则在管内形成上凸的曲面,读数时须读凸面的最高点。



(二) 弹簧式压力计

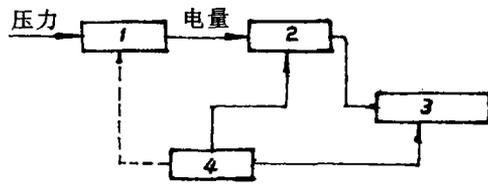
根据感受压力的弹性元件不同,弹性式压力可分为:

- (1) 弹簧管式:测量范围广,可用于高、中、低直到真空度的测量。
- (2) 膜片和波纹管式:一般用于微压和低压的测量。

四、电气测压技术

压力传感器:随着现代工业的发展,远距离信号传输和自动控制需要把被测参数转换成电信号,检测压力值并提供电讯号均借助压力传感器,压力传感器有电位器式、应变式、霍尔式、电感式、压电式、压阻式、电容式和振频式等,测量范围为 7×10^5 至 5×10^8 Pa;信号输出有电阻、电流、电压、频率等,可适应不同场合的需要。压力测量和控制系统一般由传感器测量线路和信号测量装置以及辅助电源所组成。

- 1—传感器
- 2—测量线路
- 3—信号测量装置
- 4—辅助电源



压力传感器测量方块图

五、压力表的选择安装和注意事项

(一)根据所测压力误差要求,正确选择压力表的准确度等级。

(二)根据被测压力的变化,测量恒定的或变化缓慢的负荷时,一般被测压力应不超过压力表上限的 $3/4$;测量脉动或急剧变化的负荷时,应不超过压力表上限的 $2/3$,不论何种情况,一般都不宜低于测量上限的 $1/3$,否则测量的相对误差将会增大。

(三)压力表取样管的设计和安装应保证仪表所测量的是被测介质的静压力,而尽可能避免被测介质流动的动压头的影响,所以取样管的管口应与被测介质的流动方向平行,管口不应突出管道内壁,压力取样点应选择在有规定要求的直管段上。

(四)自取样点到压力表的信号管路应尽可能短,长度不应超过 50m,取压管的内径不应小于 3—5mm。如管路过长,管径太小,则会增加测量的迟延时间。

(五)如被测介质为液体时,则压力表安装处与测点应保持在同一水平位置上,否则应考虑由液位差引起的附加压力影响并加以修正。

(六)安装地点应尽量避免振动和高温的影响。

(七)测量蒸气压力时,应加装凝液管,以防止高温蒸汽与测压元件直接接触;有腐蚀性介质,应加装充有中性介质的隔离罐。

(八)取压管与压力表之间应装有切断阀门,以备压力表维修之用。

几种常见压力传感器的性能比较

类别		精度等级	测量范围	输出信号	温度影响	抗振动冲击性能	体积	安装维护	
电位器式		1.5	低、中压	电阻	小	差	大	方便	
应变式	粘贴式	膜片式	0.2	中、高压	20mV	大	好	小	方便
		应变筒式(连膜片)	1.0	中、高压	12mV	小	好	小	利用强制水冷,有较小的温度误差,测量方便。
		弹性梁式(纹管)	0.3	负压及中压	24mV	小	差	较大	方便
	非粘贴式	张丝式	0.5	低压	10mV	小	好	小	方便
霍尔式		1.5	低、中压	30mV	大	差	大	方便	

流量测量技术

一、流量测量的基本概念

(一)流量的基本概念

流量是控制生产过程和进行经济核算的重要参数。在我们船舶、港口各水运企业更是离不开流量的测量和控制。

流量是指单位时间流进管道某一截面的流体数量,即瞬时流量,流量包括体积流量(符号为Q)和质量流量(符号为M),两者的关系可表示为:

$$M = Q \cdot \rho \quad \rho \text{—流体的密度}$$

(二)流量的单位:

常用的质量流量单位有吨/小时(t/h)或公斤/小时(kg/h);常用的体积流量单位有立方米/小时(m³/h)或升/小时(L/h)。

当流体为气体时,还常用标准立方米/小

时(Nm³/h)来表示体积分量的单位。它是气体的工作状态流量换算成标准状态下(压力101325Pa,温度0℃时)相应流量Q_N的一种表示方法,两者关系为:

$$Q_N = Q \cdot \frac{\rho}{\rho_N}$$

式中:ρ—工作状态下气体的密度 (kg/m³)

ρ_N—标准状态下气体的密度) (kg/m³)

某一段时间内流过管道的流体流量总和,即各瞬间(时)流量的累计值称为总量,总量常常是成本核算和计量考核的重要数据,其单位是质量和体积的单位(吨和立方米)。

(三)流量仪表和分类

流量计分类表

名称	测量范围	精度	适用场合	相对价格	特点
面积式	玻璃转子流量计 16~1000000 L/h(气) 1.0~40000 L/h(液)	2.5	空气、氮气、水及与水相似的其他安全流体的小流量测量	较便宜	1.结构简单、维修方便 2.精度低 3.不适用于有毒性介质及不透明介质
	金属管转子流量计 0.4~3000 Nm ³ (气) 12~100000 /h(液)	1.5 2.5	1.流量大幅度变化的场合 2.高粘性腐蚀性流体 3.差压式导压管容易汽化的场合	贵	1.具有玻璃管转子流量计的主要特点 2.可远传 3.防腐蚀性可用于酸、碱、盐等腐蚀介质
	冲塞式流量计 4~60m ³ /h	3.5	各种无渣滓、无结焦介质的就地指示、积算	便宜	1.结构简单 2.安装使用方便 3.精度低,不能用于脉冲流量测量

差 式 压	节流装置 流量计	60~25000 mm水柱)	1	非强腐蚀的单向流流量 测量,允许有一定的压力损 失	较便宜	1.使用广泛 2.结构简单 3.对标准节流装置不必 个别标定即可使用
	均速管 计			大口径大流量的各种气 体、液体的流量测量	较便宜	1.结构简单 2.安装、拆卸、维修方便 3.压损小、能耗少 4.输出差压较低
流 速 式	旋翼式 水表	0.045~28000 m ³ /h	2	主要用于水的计量	便宜	1.结构简单、表型小、灵 敏度高 2.安装使用方便
	涡轮流量计	0.04~6000 m ³ /h(液) 2.5~350 m ³ /h(气)	0.5~1	适用于粘度较小的洁净 流体,在宽测量范围内的高 精度测量	较贵	1.精度较高,适于计量 2.耐高温耐压范围较广 3.变速器体积小、维护容 易 4.轴承易磨损,连续使用 周期短
	旋涡流量计	0~3 m ³ /h(水) 0~30 m ³ /h(气)	1.5	适用于各种气体和低粘 度液体测量	贵	1.量程变化范围宽 2.测量部分无可动件,结 构简单、维修方便 3.压力损较小
	电磁流量计	2~5000 m ³ /h	1	适用于导电率 > 10 ⁻⁴ S/ cm 的导电液体的流量测量	贵	1.只能测导电液体 2.测量精度不受介质粘 度、密度、温度、导电率变化 的影响 3.几乎没有压损 4.不适合测量铁路磁性 物质
	分流旋翼式 蒸汽流量计	0.05~12 t/h	2.5 4	精确计量饱和水蒸汽的质 量流量	便宜	1.安装方便 2.直读式、使用方便 3.可对饱和水蒸汽的流 量进行压力校正补偿
容积 式	椭圆齿轮 流量计	0.05~120 m ³ /h	0.2~0.5	适用于高粘度介质流量 测量	较贵	1.精度较高 2.计量稳定 3.不适用于含有固体颗 粒的流体

流量计有许多分类的方法,按测量的单位分有质量计和体积流量计;按测量流体运动的原理分有容积式、速度式等;按测量方法分有直接测量式和间接测量式。常用的流量仪表有面积式流量式、差压式流量计、流速式流量计和容积式流量计等。这四大类有关特点分别列于表中。

二常用测量流量仪表

(一)节流差压式

节流差压式是利用流体流过管道中的节流元件所产生的压力差(ΔP)作为流量的计量依据,即有 $Q = K_1 \sqrt{\Delta P}$ 关系式。它是目前普遍应用的节流差压式流量计计算公式,孔板、喷嘴、进口流量管都属于这一类。能通过计算来直接确定 Q 与 ΔP 的关系,被广泛用于气体、液体的流量测量。这种测量有如下问题:首先是方程中的平方根为非线性关系严重地限制了测量范围;其次,当流体参数变

化,会造成密度 ρ 的变化,使计算变得复杂;再则,这种形式的流量计压力损失大,特别是孔板,在使用中要考虑这种影响。

(二)变面积式

若流体的密度 ρ 已知,浮子的平衡位置(即位移 l)给出了流量的线性指示,即关系: $Q = K_2 l$ 这是最简单的一种浮子式流量计的计算式。其测量范围大,可直接读数,能适用于任何液体流量;可这种形式测量精度不高,难于密封,不宜用于高压。

(三)涡轮机械式

流体流过涡轮机械,叶轮的转速 n 与流量呈正比,即有关系式: $Q = K_3 n$ 这是现今应用较多的涡轮式流量计的计算式。转速通过传感器给出脉冲信号或流量的直接读数,所以使用中能远传、反应快。精度高。一般用于石油类产品流量测量中,也能装在高压管道中。只是它的可动部件不宜用于混浊、有

腐蚀性的流体,否则会引起机械损坏,且会影响测量精度。

(四)旋涡式

旋涡式用的是流体动力学振荡运动的原理,当流体绕流某种元件后,两侧交替地产生旋涡,形成旋涡列(或称卡门旋涡列),此旋涡频率 f 与流量呈线性关系即有公式: $Q = K_4 f$ 这就是具有实用价值的旋涡流量计的计算公式。它同样可用传感器把频率转换成脉冲信号,得以遥测。这种流量计线性度好,测量时与流体参数无关,而且能在很宽的雷诺数范围内应用,是一种有发展前途的新型流量计。

除上面讨论的几种流量测量形式外,当前,已在应用或正在研制的流量测量计还有如电磁流量计、超声波流量计、离子流量计、旋进流量计等等。

由于流量计的种类繁多,我们在选用时要根据流体的特点进行选择,下面简单介绍几种流量计使用注意事项。

三、流量计使用注意事项

(一)节流装置的选择

流量测量的节流装置,可根据被测流体的公称口径,雷诺数范围,流量系数及压力损失等选择。

(二)节流装置的使用

流经节流装置的流量与压差关系,是特定的流体,其流动状况能形成典型的紊流流

速分布等条件下通过试验获得的。若上述条件改造,则它们之间的关系就发生变化。因此,用于节流装置的流体、流动条件、管道条件和安装要求都必须符合标准规定。

(三)使用涡轮流量计时要注意:

(1)要求被测介质洁净,以减少对轴承的磨损和防止涡轮被卡住,故应在变送器前加过滤装置。

(2)变送器一般应水平安装。变送器前的直线段长度应为管道内径的 10 倍,变送器后为 5 倍。并在变送器前安装流束导直器或整流器。

(3)可用于测量轻质油(汽油、柴油、煤油)粘度低的润滑油及腐蚀性不大的酸溶液的流量,不适用于测粘度大的液体的流量。

(4)凡测量液体的涡轮流量计,在使用中切忌有高速气体引入,特别在测量氧化的液体和液体中含有气体的场合,必须在变送器前安装消气器。这样,可避免高速气体引入而造成叶轮高速旋转,致使零部件损坏,又可避免气、液两相同出现,从而提高测量精度和使用寿命。当管路设备检修采用高温蒸汽清扫管线时,切忌冲刷仪表,以免损坏。

我国定型生产用于测量液体流量的涡轮流量计,其变送器的型号为 LW 型,用于测量气体的为 LWQ 型。

(陈斯保 魏雁平)

(上接第 34 页)

五、结束语

近两年来,上海市认真贯彻执行国家计委等三部委联名颁布的《暂行规定》,制定了可操作性强的《实施办法》,通过举办《节能篇》研讨会、座谈会,培训班等多种形式进行了广泛的宣传鼓动工作,采取有效措施实施跟踪管理,有力地推动了这项工作的开展,至今已有共计一百多亿元的工程项目增列节能

篇,其中有一部分已按规定由建设单位委托有资格的咨询单位(如市节能服务中心、市建材行业节能监测站等)对项目进行了节能效益评估,取得了明显的社会效益。在《节能篇》的实施过程中上海市有关领导重视、抓样板、树先进、实施跟踪管理的一套管理方法,为《节能篇》的实施提供了新鲜经验,值得借鉴。