

第四讲

流量检测仪表

第二章检测仪表

主要内容:

- 1.1 温度检测仪表
- 1.2 压力检测仪表
- 1.3 流量检测仪表
- 1.4 液位检测仪表
- 1.5 成分分析仪表

1.2 流量检测仪表

主要研究内容:

- *节流式流量计
- *容积式流量计
- *涡轮流量计
- *电磁流量计
- *旋涡流量计

1.3 流量检测仪表

流量检测及仪表

流量检测是控制生产以及经济核算的一个重要检测参数。

流量的基本概念

流量指单位时间内通过某一管道的物料数量。即瞬时流量。表示方法有:

- 质量流量 M (t/h、kg/h、kg/s)
- 体积流量 Q (m³/h、l/h、l/min、l/s)

二者的关系: $M = \rho Q$ ρ —流体的密度

1.3 流量检测仪表

总流量指一定时间内流过管道的流体流量的总和。即累计流量。以 t 表示时间，则流量和总量之间的关系是：

$$Q_{\Sigma} = \int_0^t Q dt \quad M_{\Sigma} = \int_0^t M dt$$

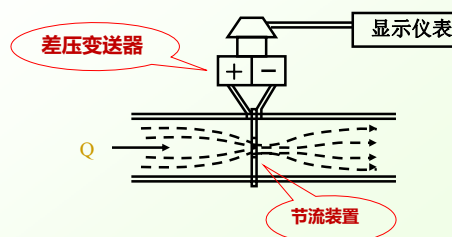
流量计的种类繁多，若按测量原理分，流量计可分为：

节流式流量计	涡轮式流量计
容积式流量计	电磁式流量计
.....	

1.3 流量检测仪表

差压式流量计

差压式（也称节流式）流量计是基于流体流动的节流原理，利用流体流经节流装置时产生的压力差而实现流量测量。

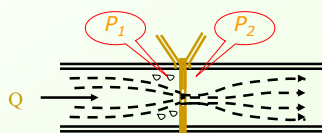


1.3 流量检测仪表

节流现象

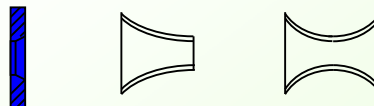
流体在流过节流装置时，在节流装置前后的管壁处，流体的静压力产生差异的现象称为节流现象。

节流装置包括节流件和取压装置。



1.3 流量检测仪表

节流件是能使管道中的流体产生局部收缩的元件，应用最广泛的是孔板，其次是喷嘴、文丘里管等。

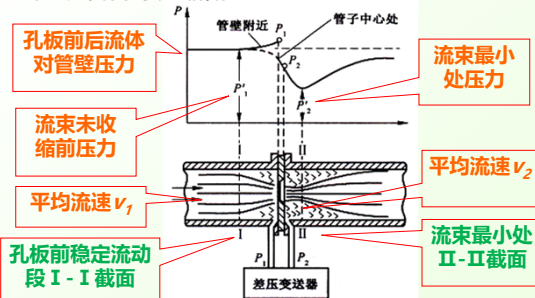


节流原理

具有一定能量的流体，才可能在管道中流动。流动着的流体含有两种能量——静压能和动能。

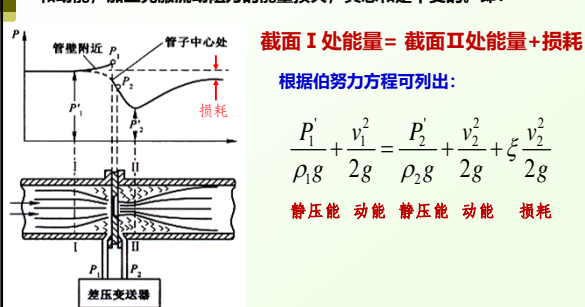
1.3 流量检测仪表

静压能表现在流体对管壁的压力，动能表现在流体有流动速度。这两种能量在一定条件下可以互相转化。

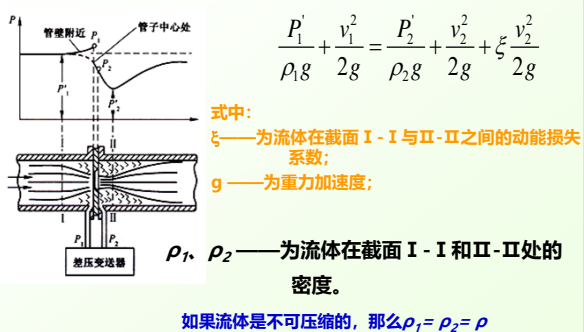


1.3 流量检测仪表

根据能量守恒定律，在没有再加能量的情况下，流体所具有的静压能和动能，加上克服流动阻力的能量损失，其总和是不变的。即：

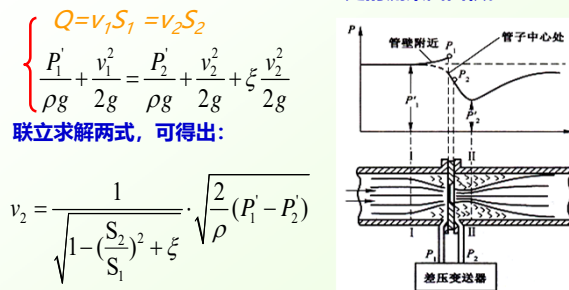


1.3 流量检测仪表



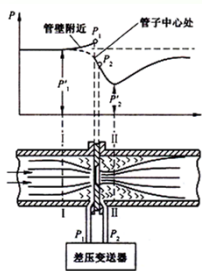
1.3 流量检测仪表

又因截面 I、II 处体积流量应相等， S_1, S_2 分别为 I-I 和 II-II 处的流束截面积。



1.3 流量检测仪表

为简化计算，引入两个系数：
截面收缩系数 μ 孔板口对管道的面积比 m



$$\mu = \frac{S_2}{S_0} \quad m = \frac{S_0}{S_1}$$

S_0 ——孔板的开孔面积。

另外，取紧挨孔板前后的管壁压差 $(P_1 - P_2)$ 代替 $(P_1' - P_2')$ ，为此引用系数 ψ 加以修正：

$$\psi = \frac{P_1' - P_2'}{P_1 - P_2}$$

1.3 流量检测仪表

将 $\mu = \frac{S_2}{S_0} \quad m = \frac{S_0}{S_1} \quad \psi = \frac{P_1' - P_2'}{P_1 - P_2}$

代入 v_2 式，得

$$v_2 = \sqrt{\frac{\psi}{1 - \mu^2 m^2 + \xi}} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)}$$

因体积流量： $Q = v_2 S_2$

$$Q = \frac{\mu \sqrt{\psi}}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2 + \xi}} \cdot S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)}$$

令 $\alpha = \frac{\mu \sqrt{\psi}}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2 + \xi}}$ 称流量系数

1.3 流量检测仪表

则得到（不可压缩的流体）流量基本方程式：

体积流量 $Q = \alpha S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)}$

质量流量 $Q_m = \rho Q = \alpha S_0 \sqrt{2\rho(P_1 - P_2)}$

如果流体是可压缩的（如蒸汽），则要对公式进行修正。

结论：流量与节流件前后压差的平方根成正比。只要测得差压 $(P_1 - P_2)$ 便可测得流量。

1.3 流量检测仪表

因为 $\alpha = \frac{\mu \sqrt{\psi}}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2 + \xi}}$ ξ ——动能损失系数

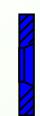
$$\mu = \frac{S_2}{S_0} \quad m = \frac{S_0}{S_1} \quad \psi = \frac{P_1' - P_2'}{P_1 - P_2}$$

故流量系数 α 与节流装置的结构形式、取压方式、开孔面积与管道截面积之比 m 、管壁粗糙度、流体流动状态等因素有关；很难准确计算，一般通过实验确定。因此，节流装置都是标准化的，由厂家提供 α 数据。

1.3 流量检测仪表

标准节流装置

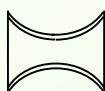
标准节流装置包括**标准节流件**和**标准取压装置**。节流装置标准化的具体内容有：节流装置的结构、尺寸、公差、光洁度、取压孔位置和使用条件等。标准节流件有：



孔板



喷嘴



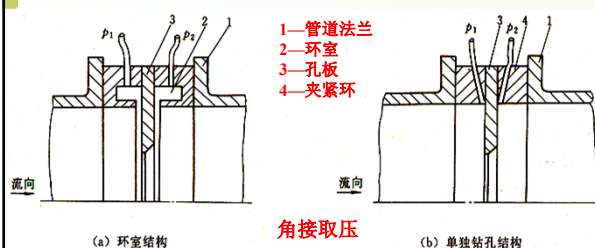
文丘里管



1.3 流量检测仪表

标准节流装置取压方法有**角接取压法**和**法兰取压法**两类。

角接取压法是在孔板前后端面与管壁的夹角处取压。



1.3 流量检测仪表

当标准节流装置安装好后，**只有流体流动状态是影响流量系数的可变因素**。

因为，基本流量公式是在管道内流体均匀流动的前提下导出的，因此要求被测流体为湍流状态。



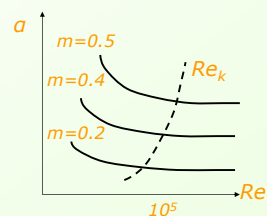
可以用雷诺数 Re 反映流体的流动状态。雷诺数 Re 是无量纲系数。

1.3 流量检测仪表

流体的雷诺数 Re 越大，流体截面各点的流速越趋于一致，**流量系数 α 越稳定**。实验表明只有在雷诺数 Re 大于某一界限值（约为 10^5 ）时，流量系数 α 才保持常数。

$$Re = \frac{vD\rho}{\eta}$$

其中， v 为流速， D 为管道内径， ρ 为流体密度， η 为流体动力粘度。



1.3 流量检测仪表

标准节流装置使用条件

- 流体应当清洁，充满圆管并连续稳定地流动。
- 流体的雷诺数在 $10^4 \sim 10^5$ 以上，不发生相变。
- 管道必须是直的圆形截面，直径大于50mm。
- 为保证流体在节流装置前后为稳定的流动状态，在节流装置的上、下游必须配置一定长度的直管段。



1.3 流量检测仪表

均匀管流量计

是一种差压式流量计。

考虑到流体在管道内流动时，由于流体在管壁附近与管道中心位置受到的摩擦阻力不同，其流动速度有所不同，所以离管道中心远近不同的取压孔的压力是不同的。检测杆需要借助测量室把同侧多个小孔的压力取样值做平均处理，以平均压力差反映管道内的平均流速。这就是这种检测杆为均匀管的原因。

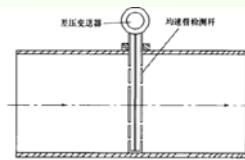


图 1-28 均匀管流量计的工作原理图

1.3 流量检测仪表

均匀管流量计

将均速管的前后两个测量室的平均压力引出，用差压变送器测量两者的压力差 ΔP ，根据伯努利方程，建立管道流体的平均流速与差压的关系式

$$V_{av} = \xi \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}$$

平均流速乘以截面积，可以得到体积流量

$$Q = A V_{av} = A \xi \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}$$

1.3 流量检测仪表

均匀管流量计特点

结构简单、安装方便、对流体的阻力较小（一般压力损失仅为孔板流量计的十分之一），在管径超过300mm的大口径管道流量测量处处于首选位置，可适用于气体、液体及蒸汽等各种介质的流量测量。

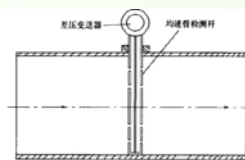


图 1-28 均匀管流量计的工作原理图

均速管流量计因为必须用小孔来测量平均流速，只要流体中有颗粒或凝析物就容易堵塞，因此，新的设计要加大检测孔径或配备吹扫装置给予解决。

1.3 流量检测仪表

转子流量计

在工业生产中经常遇到小流量的测量，因流体的流速低，要求测量仪表有较高的灵敏度，才能保证一定的精度。

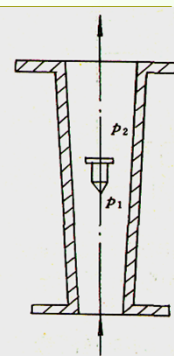
差压式流量计对管径小于50mm、低雷诺数的流体的测量精度是不高的。而转子流量计则特别适宜于测量管径50mm以下管道的流量，测量的流量可小到每小时几升。



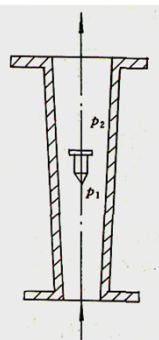
1.3 流量检测仪表

工作原理

转子流量计与前面所讲的差压式流量计在工作原理上是不相同的。差压式流量计是在节流面积（如孔板流通面积）不变的条件下，以差压变化来反映流量的大小。而转子流量计，却是以压降不变，利用节流面积的变化来测量流量的大小，即转子流量计采用的是恒压降、变节流面积的流量测量方法。



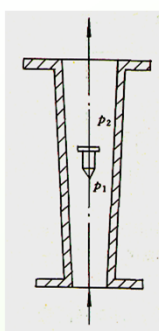
1.3 流量检测仪表



当流体自下而上流过锥形管时，位于锥形管中的转子受到向上的浮力和推力，使转子浮起。当此力正好等于转子重力时，则作用在转子上的上下两个力达到平衡，此时转子就停浮在一定的高度上。

当被测流体的流量增大时，作用在转子上的向上的推力就加大，转子上移。而随着转子上移，流体的流通面积增大，流过此环隙的流体流速变慢，推力减小。

1.3 流量检测仪表



当流体作用在转子上的力再次等于转子在流体中的重力时，转子又稳定在一个新的高度上。这样，转子在锥形管中的平衡位置的高低与被测介质的流量大小相对应。如果在锥形管外沿其高度刻上对应的流量值，那么根据转子平衡位置的高低就可以直接读出流量的大小。这就是转子流量计测量流量的基本原理。

1.3 流量检测仪表

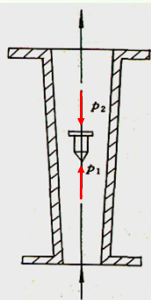
流量测量中转子的平衡条件是：压差力 = 重力

$$S \Delta P = (\rho_z - \rho_f) g V$$

式中：

S — 转子的最大横截面积； ΔP — 转子前后流体的压力差； V — 转子的体积；
 ρ_z — 转子材料的密度； ρ_f — 被测流体的密度； g — 重力加速度。

由于在测量过程中， V 、 S 、 ρ_z 、 ρ_f 、 g 均为常数，由上式可知， ΔP 也应常数。



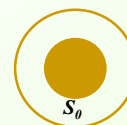
1.3 流量检测仪表

将平衡式变为：

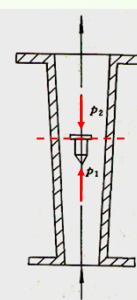
$$\Delta P = \frac{(\rho_z - \rho_f) g V}{S}$$

而流量基本公式为：

$$Q = a S_0 \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho_f}}$$



即流过转子流量计的流量是转子与锥形管间隙面积 S_0 的函数。



1.3 流量检测仪表

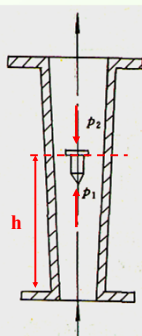
由于锥形管由下往上逐渐扩大，所以 S_0 是转子浮起的高度的函数。

根据转子浮起的高度 h 就可以得出被测介质的流量大小。

$$S_0 = k h$$

$$Q = a k h \sqrt{\frac{2(\rho_z - \rho_f) g V}{\rho_f S}}$$

故：转子流量计是以定压降、变节流面积法测量流量的。



1.3 流量检测仪表

转子流量计安装注意事项：

- 1、转子流量计必须垂直安装在无振动的管道上。流体自下而上流过流量计，且垂直度优于2°，水平安装时水平夹角优于2°；
- 2、为了方便检修和更换流量计、清洗测量管道，安装在工艺管线上的金属管浮子流量计应加装旁路管道和旁路阀；
- 3、转子流量计入口处应有5倍管径以上长度的直管段，出口应有250mm直管段；
- 4、如果介质中含有铁磁性物质，应安装磁过滤器；如果介质中含有固体杂质，应考虑在阀门和直管段之间加装过滤器；
- 5、当用于气体测量时，应保证管道压力不小于5倍流量计的压力损失，以使浮子稳定工作；

1.3 流量检测仪表

转子流量计安装注意事项:

- 6、为了避免由于管道引起的流量计变形，工艺管线的法兰必须与流量计的法兰同轴并且相互平行，管道支撑以避免管道振动和减小流量计的轴向负荷，测量系统中控制阀应安装在流量计的下游；
- 7、测量气体时，如果气体在流量计的出口直接排放大气，则应在仪表的出口安装阀门，否则将会在浮子处产生气压降而引起数据失真。
- 8、安装PTFE衬里的仪表时，法兰螺母不要随意不对称拧得过紧，以免引起PTFE衬里变形；
- 9、带有液晶显示的仪表，要尽量避免阳光直射显示器，以免降低液晶使用寿命；带有锂电池供电的仪表，要尽量避免阳光直射、高温环境($\geq 65^{\circ}\text{C}$)以免降低锂电池的容量和寿命。

1.3 流量检测仪表

转子位置信号的引出:

- 1、锥形管是玻璃的，直接目视转子的位置。
- 2、在转子内安装磁铁，锥形管外安装磁铁，锥形管外安装磁环随转子上下移动，触发显示。



1.3 流量检测仪表

- 3、在转子内安装磁铁，锥形管外安装双霍尔磁场传感器，测出磁场的水平分量和垂直分量，可确定转子位置。
- 4、在转子上方安装一导磁棒，使差动变压器输出随转子位置变化。



1.3 流量检测仪表

从流量公式可知，流量值与被测流体密度有关。为了便于成批生产，生产厂是在工业标准状态下 (20°C , 0.10133MPa)，用水或空气进行标度。

- 对液体测量，仪表示值代表 20°C 时水的流量值。
 - 对气体测量，则是代表 20°C , 0.10133MPa 压力下空气的流量值。
- 实际使用时，须对指示值进行修正。

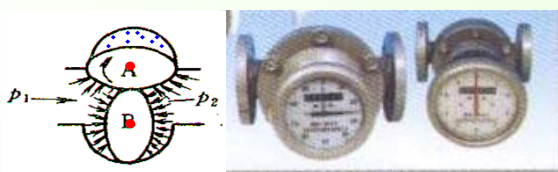


1.3 流量检测仪表

容积式流量计的代表性产品是椭圆齿轮流量计

椭圆齿轮流量计是利用两个相互啮合的椭圆形齿轮在流体的推动下，连续转动来测流量的。

当流体要流过椭圆齿轮时，进口侧压力 p_1 大于出口侧压力 p_2 ，在此压力差的作用下，产生作用力矩使椭圆齿轮转动。



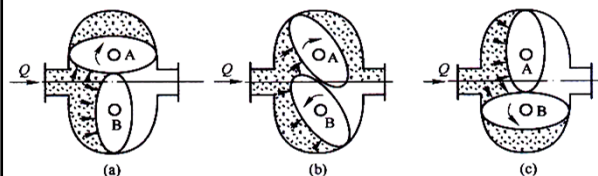
1.3 流量检测仪表

图 (a) 位置时，由于 $p_1 > p_2$ ，所产生的合力矩使A轮顺时针方向转动。A带动B转动。

转至 (b) 位置，A轮与B轮均为主动轮。

转至 (c) 位置，合力矩使B轮带动A轮转动。

A、B轮转动时，连续将半月形容积内的流体排出。

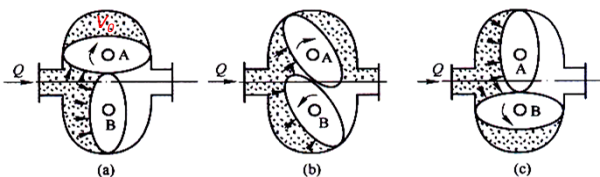


1.3 流量检测仪表

此图表示椭圆齿轮转动了1/4周的情况，其排出的流体为一个半月形容积 V_0 。所以，椭圆齿轮每转一周所排出的被测介质质量为半月形容积的4倍。故通过椭圆齿轮流量计的体积流量 Q 为：

$$Q = 4nV_0 \quad n\text{—齿轮转速}$$

如果累计齿轮转速，则得到体积总量。



1.3 流量检测仪表

□特点

➢ 由于椭圆齿轮流量计是基于容积式原理测量的，与流体的粘度、密度、雷诺数等参数无关。因此，安装时不需要有直管段，对流体的流动状态无要求，特别适用于高粘度介质的流量测量。测量精度高，最高可达 $\pm 0.1\%$ 。

➢ 椭圆齿轮流量计的使用温度不能过高，否则可能使齿轮膨胀卡死。另外被测流体中不能含有固体颗粒，否则会引起齿轮磨损以至损坏。



1.3 流量检测仪表

涡轮流量计

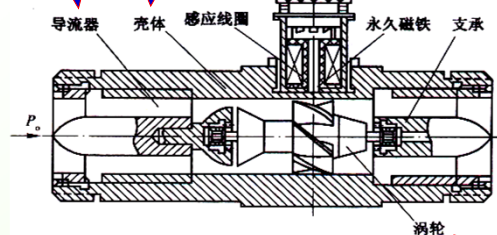
在测量管道内，安装一个可以自由转动的涡轮，当流体通过时，流体的动能使涡轮旋转。流体的流速越大，涡轮转速也就越高。

因此，测出涡轮的转速或转数，就可确定流过管道的流体流量或总量。日常生活中使用的某些自来水表、油量表等，都是利用这种原理制成的，都属于速度式仪表。



导流器用以稳定流体的流向

外壳由非导磁的不锈钢制成

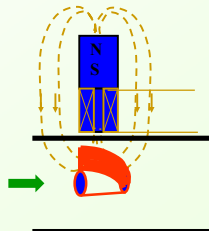


涡轮上的螺旋形叶片用高导磁系数的不锈钢材料制成。

1.3 流量检测仪表

涡轮流量计的工作过程

当流体通过涡轮叶片与管道之间的间隙时，叶片前后的压差力推动叶片旋转。高导磁性的涡轮叶片就周期性地扫过磁钢底部，使磁路的磁阻发生周期性的变化，线圈中的磁通量也跟着发生周期性的变化，线圈中便感应出脉冲电信号。其频率与涡轮的转速成正比，即与流量成正比。

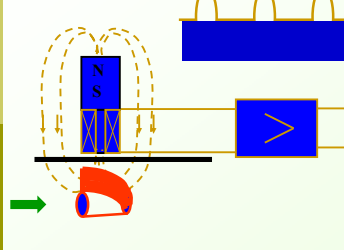


1.3 流量检测仪表

输出脉冲频率 f 与被测流量 Q 之间的关系：

$$f = NQ$$

N —仪表常数



1.3 流量检测仪表

特点

- 涡轮转速不用轴输出，没有齿轮传动误差和密封问题，因而涡轮流量计测量精度高，耐高压。
- 输出信号为频率信号，不易受干扰，便于远传。
- 要求流体清洁，安装时，应加装过滤器，且前后要有一定的直管段。



1.3 流量检测仪表

电磁流量计

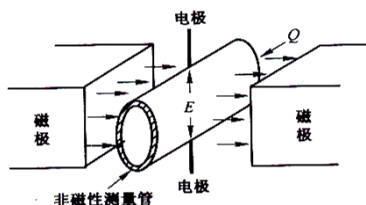
在流量测量中，当被测介质是具有导电性的液体介质时，可以应用电磁感应的方法来测量流量。



1.3 流量检测仪表

工作原理

在管道两侧安放磁铁，流动的液体当作切割磁力线的导体，产生的感应电动势与流体的流速成正比关系。当磁感应强度 B 不变、管道直径一定时，流体切割磁力线而产生的感应电势 E 的大小仅与流体的流 v 速有关。



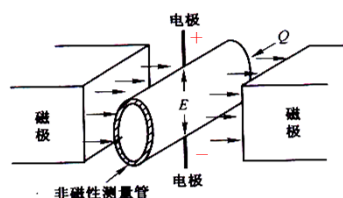
1.3 流量检测仪表

感应电势的方向由右手定则判断，其大小为：

$$E = BDv$$

$$v = E / BD$$

当 BD 一定时，感应电势 E 与流速 v 成正比。



式中：

E — 感应电势；
 B — 磁感应强度；
 D — 管道直径；
 v — 流体速度。

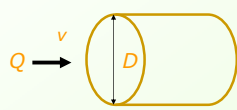
1.3 流量检测仪表

体积流量 Q 与流速 v 的关系为: $Q = \frac{1}{4} \pi D^2 v$

将 $v = E / BD$ 代入可得:

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 v = \frac{\pi D}{4B} E = kE$$

式中 $k = \frac{\pi D}{4B}$ 称为仪表常数
 感应电势 E 与被测流量 Q 成正比关系。



1.3 流量检测仪表

变送器结构

变送器由测量管和转换器两部分组成。

测量管两侧分别绕有马鞍形的励磁线圈。

为了避免直流磁场产生的直流感应电势使电极周围导电液体电解, 导致电极表面极化, 而减小感应电势, 一般采用交流励磁。



1.3 流量检测仪表

为了避免磁力线被测量管的管壁短路, 并使测量导管在磁场中尽可能地降低涡流损耗, 测量导管应由非导磁的高阻材料制成, 如不锈钢。但内壁必须涂一层绝缘衬里, 如环氧树脂。以防止感应电势被短路。



1.3 流量检测仪表

优点:

- 测量导管内无任何阻碍物, 因而被测流体的压力损失很小。
- 可以测量各种导电液体的流量, 如酸、碱、盐溶液, 流体可以含有固体颗粒、悬浮物或纤维等。
- 输出信号与流量之间的关系不受流体的物理性质 (例温度、压力、粘度等) 变化和流动状态的影响。
- 测量响应速度快, 可用来测量脉动流量。

1.3 流量检测仪表

缺点

➢只能用来测量导电液体的流量，要求导电率不小于水的导电率。不能测量气体、蒸汽及石油制品等的流量。

➢由于感应电势数值很小，后级采用高放大倍数的放大器，很容易受外界电磁场干扰的影响。



1.3 流量检测仪表

旋涡式流量计

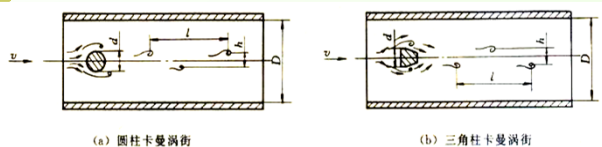
利用流体遇到障碍物后产生的旋涡来测量流量。可以用来测量管道中的液体、气体和蒸汽的流量。旋涡式流量计有两类：**旋进型旋涡流量计**和**卡曼型旋涡流量计**（常称**涡街流量计**）。



1.3 流量检测仪表

涡街流量计测量原理

在测量管道中垂直插入一个非流线形的柱状物（圆柱或三角柱）作为阻流体。当流体受到障碍物阻挡时，会在阻碍物的下游处产生两列平行、且上下交替出现的旋涡。因为这些旋涡有如街道旁的路灯，故有“**涡街**”之称，又因此现象首先被卡曼（Karman）发现，也称作“**卡曼涡街**”。



1.3 流量检测仪表

实验表明，当两列旋涡的间距 h 和同列相邻两个旋涡之间的距离 l 之比能满足 $h/l = 0.218$ 时，所产生的涡街是稳定的。满足如下关系：

$$f = S_t \frac{v}{d}$$

✧公式表明， S_t 为常数时，单侧旋涡的发生频率 f 与流体平均流速 v 成正比。

式中：



f — 单侧旋涡发生频率
 S_t — 斯特劳哈尔系数
 v — 流体平均流速
 d — 圆柱体直径

1.3 流量检测仪表

◆测得 f 便可算出体积流量 Q

$$Q = A_1 v = A_1 \frac{d}{S_t} f$$

A_1 —管道中旋涡发生体处流通截面积。

□ 旋涡流量计的特点是精确度高、测量范围宽、没有运动部件、压力损失小。

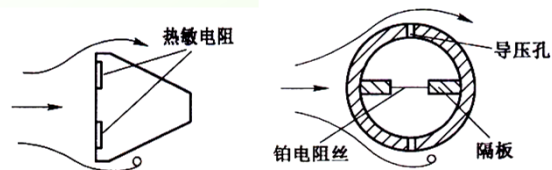


1.3 流量检测仪表

旋涡频率的检测

旋涡频率的检测方法很多。如：热敏检测法、超声波检测法、电容检测法、应力检测法等。

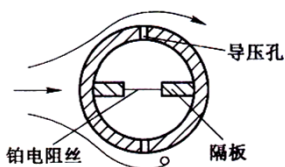
这些方法都是利用旋涡的局部压力、密度、流速等的变化作用于敏感元件，产生电信号，再经放大整形，得到脉冲信号输出。例1：热敏检测法



1.3 流量检测仪表

如图所示，圆柱形内腔的中心位置上安装一个铂电阻，通以电流时产生热量，使内腔温度高于腔外。当流体产生旋涡时，产生旋涡的一侧流体流速低，静压高，使一部分流体由导压孔进入内腔，向未产生旋涡的一侧流出，带走一部分热量，铂丝温度降低，电阻减小。每产生一个旋涡，铂电阻就变小一次。

测量出铂电阻变化的频率就测定了旋涡频率，也就测得了流量。

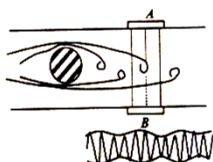


1.3 流量检测仪表

铂丝阻值的变化频率，采用一个不平衡电桥进行转换，经放大和整形，再转换成直流电信号输出，供显示、累积流量或进行自动控制。



1.3 流量检测仪表



例2：超声波检测法

如图所示，A 为发射换能器，发射出超声波。B 为接收换能器，接收 A 发射的超声波。

由于旋涡的旋转方向、压力和流体密度的周期变化，导致了对超声波的折射、反射和吸收等效应，而形成了对超声波束的调制作用，这时 B 所接收到的不再是一个等幅波信号，其幅度变化的次数与旋涡个数一致，从而测得流速的大小。

1.3 流量检测仪表

超声波流量计

超声波流量测量属于**非接触式测量**。它通过发射超声波，穿过流动的流体，被接收后，经过信号处理反映出流体的流速。根据流速便能算出流量。

超声波的测量有多种不同的方式。如：传播时间法、旋涡法、多普勒效应法等。



1.3 流量检测仪表

传播时间法

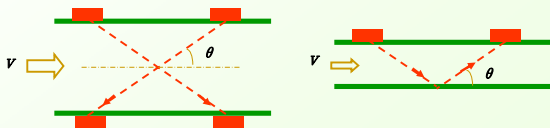
根据声波在流体中的传播速度顺流时会增大、逆流时会减小的原理测流速。检测方法有：

时差法—测超声波在顺流、逆流时的传播时间差

相位差法—测超声脉冲在顺流、逆流时的相位差

频差法—测超声脉冲在顺流、逆流时的重复频率

因频差法可以不受声速变化影响，使用较多。

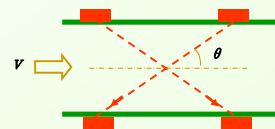


1.3 流量检测仪表

频差法原理

根据超声脉冲在顺流、逆流时的重复频率差测量流速。顺流发射的一组换能器和逆流发射的一组换能器各自组成发射—接收的**闭路循环系统**。测量时由发射换能器发射一个脉冲，经过流体传播，被接收换能器接收放大后，再送至发射换能器发射第二个脉冲。如此循环，两组发射—接收的循环频率分别为

$$f_1 = \frac{c+v}{L} \quad f_2 = \frac{c-v}{L}$$

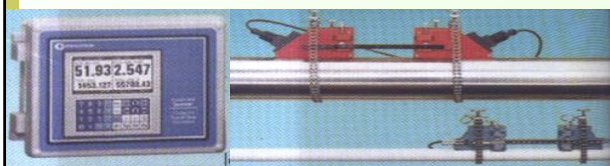


1.3 流量检测仪表

两组频率差值为 $\Delta f = \frac{2v}{L}$

则流速 $v = \frac{L}{2} \Delta f$

可见，只要测出一定时间内两组闭路循环系统的脉冲循环频率之差，就可测得流速。而流速乘以管道截面积则得流量。

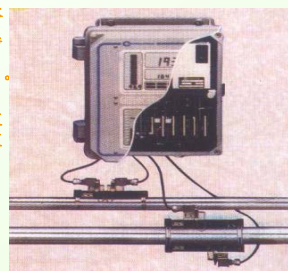


1.3 流量检测仪表

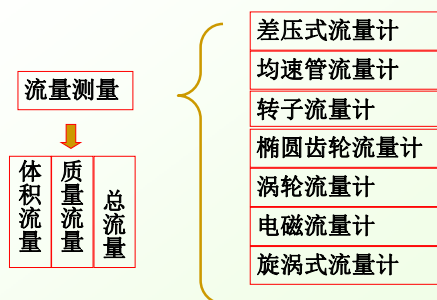
特点：

✧超声波流量计属非接触式测量，不会影响被测流体的流动状况。测量液体流量精度可达0.2级，测量气体流量精度可达0.5级。量程范围可达20:1。

✧要求流体清洁，以避免对超声波束的干扰。测量管前后要有足够长的直管段，以保证流速均匀。



小结



作业

- 简述流量计的分类及其工作原理？
- 用一个用水标定的转子流量计来测量苯的流量，流量计的读数为38 m³/h，已知转子密度为6920 kg/m³的不锈钢，苯的密度为0.831 kg/L，求苯的实际流量是多少？注：液体流量的修正方程为

$$\frac{Q_v}{Q_{v0}} = \sqrt{\frac{(\rho_z - \rho)\rho_0}{(\rho_z - \rho_0)\rho}} = k_Q$$

- 采用该类型转子流量计测量锅炉给水流量或者测量高黏流体的流量是否可以？为什么？

作业

液体流量计指示值修订公式

$$\frac{Q_V}{Q_{V0}} = \sqrt{\frac{(\rho_z - \rho)\rho_0}{(\rho_z - \rho_0)\rho}} = k_0$$

Q_V : 被测流体实际流量

Q_{V0} : 流量计读数

ρ_0 : 标定流体的密度

ρ : 被测流体的密度

ρ_z : 转子的密度

谢谢!