



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

流体参量的测量

流量的测量
(2)

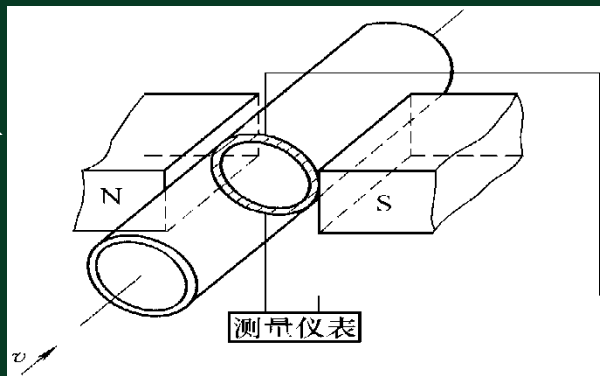
主讲：马怀祥

(七) 电磁流量计

是根据电磁感应原理制成的一种流量计，用来测量导电液体的流量。是由产生均匀磁场的磁路系统、用不导磁材料制成的管道及在管道横截面上的导电电极组成。磁场方向、电极连线及管道轴线三者空间互相垂直。

当被测导电液体流过管道时，切割磁力线，便在和磁场及流动方向垂直的方向上产生感应电动势，其值与被测流体的流速成正比。

$$E = BDv$$



电磁流量计

由上式可得被测液体的流量为

$$q_v = \frac{\pi D^2}{4} v = \frac{\pi D E}{4 B} = \frac{E}{K}$$

电磁流量计的测量管道内没有任何阻力件，适用于有悬浮颗粒的浆流等的流量测量，而且压力损失极小；测量范围宽，可达100: 1；

因感应电动势与被测液体温度、压力、粘度等无关，故其使用范围广；可以测量各种腐蚀性液体的流量；

电磁流量计惯性小，可用来测脉动流量；要求测量介质的导电率大于0.002~0.005Ω/m，因此不能测量气体及石油制品。

电磁流量计



（八）超声波流量计

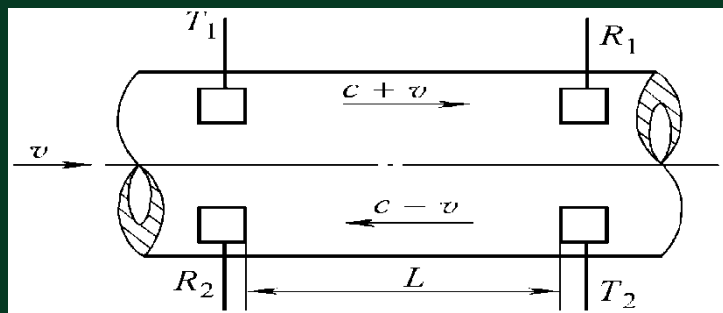
利用超声波在流体中的传播特性实现流量测量。超声波在流体中传播，将受到流体速度的影响，检测接收的超声波信号可测知流速，从而求得流量。

测量方法有多种，按作用原理分为传播速度法、多普勒效应法、声束偏移法、相关法等，

在工业应用中以传播速度法最普遍。

传播速度法利用超声波在流体中顺流传播与逆流传播的速度变化来测量流体流速。具体方法有**时间差法**、**频差法**（如图10-33所示）和**相差法**。在管道壁上，从上、下游两个作为发射器的超声换能器 T_1 、 T_2 发出超声波，各自到达下游和上游作为接收器的超声换能器 R_1 、 R_2 。

流体静止时的超声波声速为 c ，流动时顺流和逆流的声速将不同。超声波从 $T_1 \sim R_1$ 和从 $T_2 \sim R_2$ 的时间分别为 t_1 和 t_2



$$t_1 = \frac{L}{c + v}$$

$$t_2 = \frac{L}{c - v}$$

一般情况下 $c \gg v$ ，则时间差与流速的关系为

$$\Delta t = t_2 - t_1 \approx \frac{2Lv}{c^2}$$
 测得时间差就可知流速

采用频差法时，列出频率与流速的关系式为

$$f_1 = \frac{1}{t_1} = \frac{c+v}{L} \quad f_2 = \frac{1}{t_2} = \frac{c-v}{L}$$

则频率差与流速的关系为 $\Delta f = f_1 - f_2 = \frac{2v}{L}$

采用频差法测量可以不受声速的影响，不必考虑流体温度变化对声速的影响。
超声波流量计

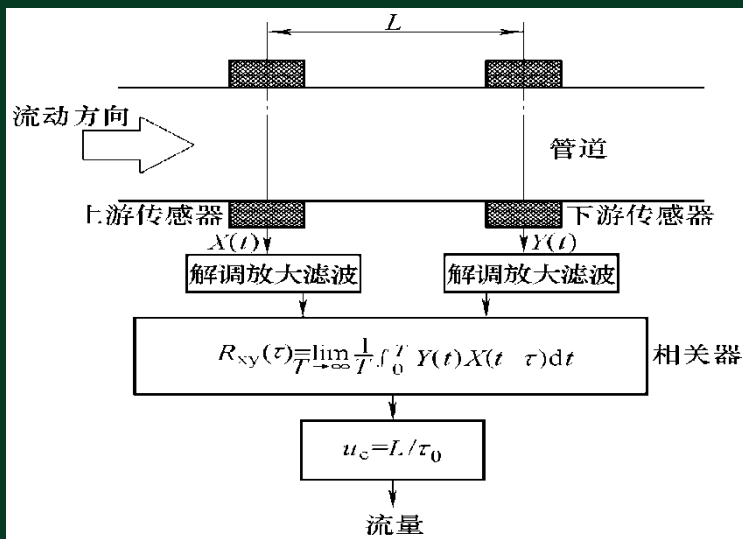
超声流量计可夹装在管道外表面，仪表阻力损失极小，还可以做成便携式仪表，探头安装方便，通用性好。可测量各种流体的流量，包括腐蚀性、高粘度、非导电性流体。尤其适合大口径管道测量。

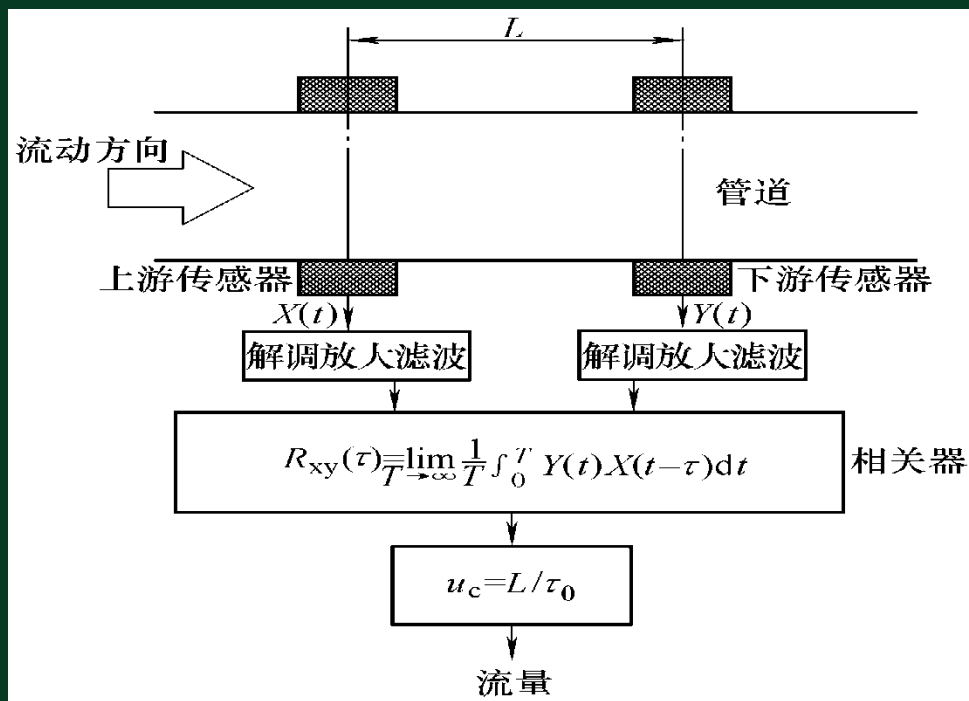
缺点是价格较贵，目前多用在不能适于其他流量计的地方。近年来测量气体流量的仪表也已问世。

(九) 相关流量计

运用相关函数理论，通过检测流体流动过程中随机产生的浓度、速度或是两相流动的密度不规则分布而产生的信号，测得流体的速度，从而计算流量。

相关流量计实际上是一个流速测量系统，其工作原理如图所示。





$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T Y(t)X(t-\tau)dt$$

质量流量计可分为直接式质量流量计和间接式质量流量计两大类。

1. 直接式质量流量计

直接式质量流量计的输出信号直接反映质量流量

(1) 科里奥利质量流量计

是通过测量流体流过以一定频率振动的检测管时所受科里奥利力的变化来反映质量流量的仪表。测量精度高、受流体物性参数影响小是其主要特点。

(2) 热式质量流量计

是利用测量加热流体或加热物体被流体冷却的速度与流速之间的关系，或测量加热物体时温度上升一定值所需的能量与流速之间的关系来测量流量的仪表。

热式质量流量计**一般用来测量气体的质量流量**，适用于微小流量测量。

当需要测量较大流量时，要采用分流方法，仅测一部分流量，再求得全流量。它结构简单，压力损失小。缺点是灵敏度低，测量时还要进行温度补偿。

2. 间接式质量流量计

是通过不同仪表的组合来间接推知质量流量的量值。它采用密度或温度、压力补偿的方法，在测量体积流量的同时，测量流体的密度或流体的温度、压力值，再通过运算求得质量流量。

现在带有微处理器的流量传感器均可实现这一功能，这类仪表又称为推导式质量流量计。

(1) 测量体积流量的仪表（体积流量计）和密度计的组合。

$$q_m = \rho q_v$$

(2) 反映流体动能的仪表（如差压式流量计）与密度计的组合。

$$q_m = \sqrt{\rho q_v^2 \rho} = \rho q_v$$

(3) 反映流体动能的仪表（如差压式流量计）和体积流量计（其他类型的体积流量计）的组合。

$$q_m = \frac{\rho q_v^2}{q_v} = \rho q_v$$

流量计的定度

一般有直接测量法和间接测量法两种方法。

1. 直接测量法

直接测量法也称**实流校验法**。是用实际流体流过被校验流量计，再用别的标准装置（标准流量计或流量标准装置）测出流过被校验流量计的实际流量，与被校验流量计所指示的流量值作比较，或将待标定的流量计进行分度。

该校验方法也称为**湿式标定法**。该法获得的流量值既可靠又准确，是目前许多流量计校验时所采用的方法。

2. 间接测量法

是以测量流量计传感器的结构尺寸或其他与计算流量有关的量，并按规定方法使用，间接地校验其流量值，获得相应的精确度。

这种方法也成为干式标定法。

该法获得的流量值没有直接法准确，但它避免了必须要使用流量标准装置特别是大型流量装置带来的困难，故也有一些流量计采用了间接测量法。

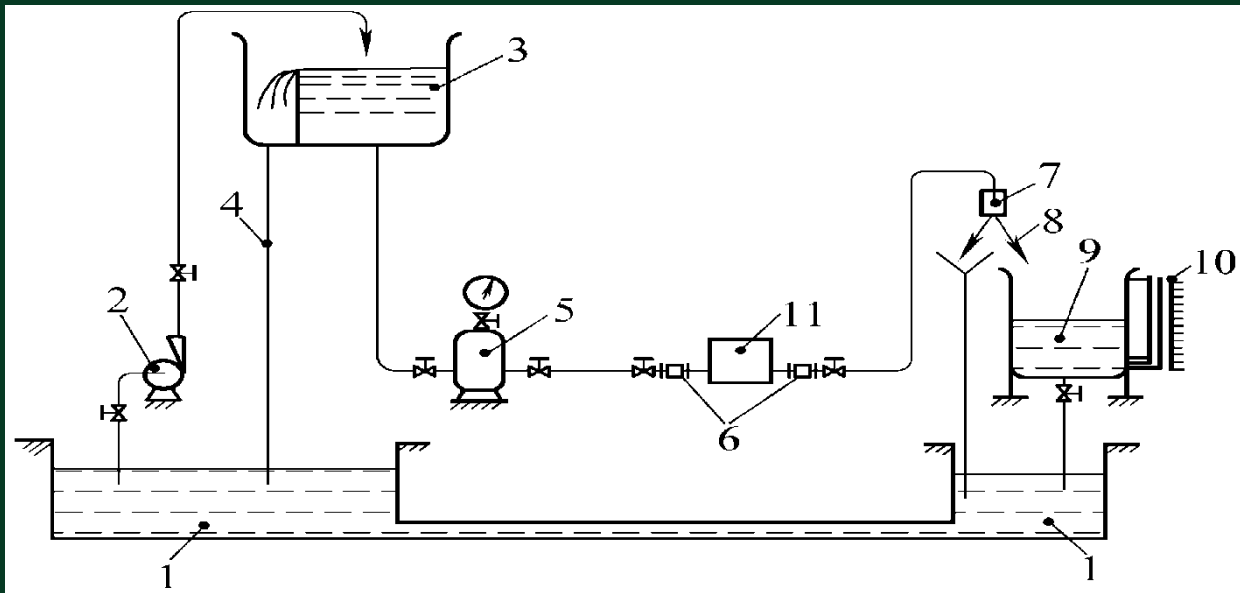
体积流量定度是基于容积和时间基准之上的。

质量流量定度是基于质量和时间基准之上的。

二者之间可通过液体密度的测量值进行换算。

流量计定度时，首先要有一个**稳定的流量源**，然后测量在某个精确的时间间隔内通过流量计的液体体积或质量的**实际值**，并读出被定度流量计的指示值。由此确定流量计示值与实际值之间的关系。

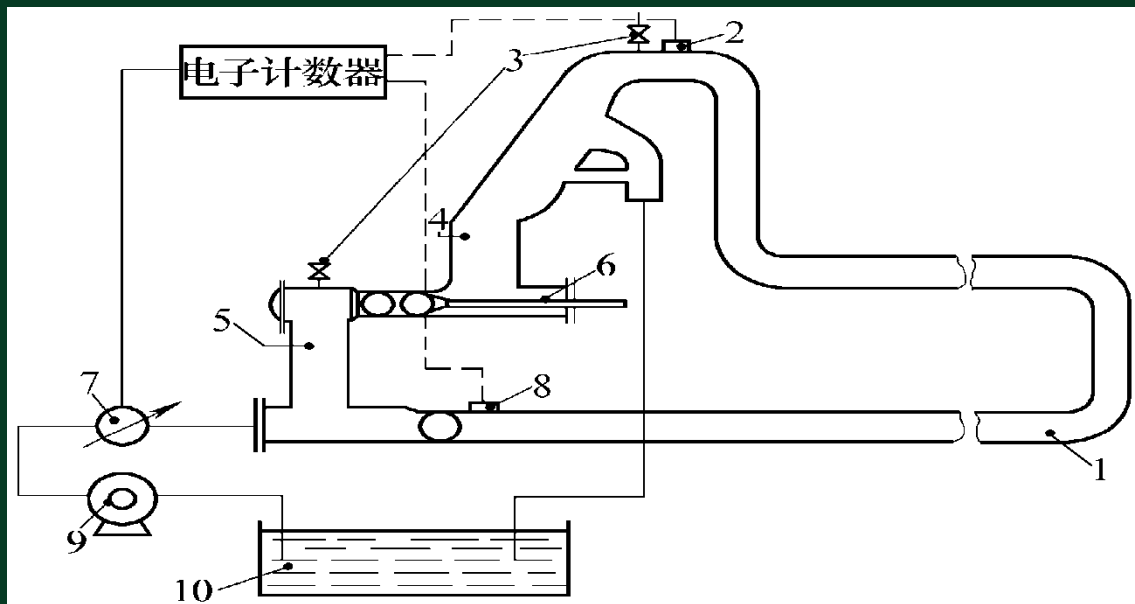
流量计出厂时常常用水来定度。图示为用水作为工作介质的流量计定度装置。



流量定度装置（以水为工作介质）

1—贮水池 2—水泵 3—高位水槽 4—溢流管 5—稳压容器 6—接头
7—与计时器同步的切换机构 8—切换挡板 9—标准容积计量槽
10—液位标尺 11—流量计

以**高粘度液体**为工作介质的较大规格的流量计，可采用图示的**基准体积管**进行定度。



基准体积管流量定度装置

- 1—基准管 2—检测器 3—放气阀 4—上插销 5—下插销 6—推球器
7—被定度的流量计 8—检测器 9—油泵 10—油槽

小结



在线开放课程

掌握流量测量的基本原理和常用方法，

熟悉流量计的定度方法