



# 《传感器技术》

主讲人：李刚



# 14

## 流量传感器 原理与应用

13 本模块介绍“流量”的基本概念、节流式流量计、电磁式流量计、科里奥利流量计。

### 流量的基本概念

流体流过一定截面的量称为“流量”。包含瞬时流量和累积流量。

流量用体积表示时称为“体积流量”，用质量表示时称为“质量流量”。

$$Q = vA \quad (5-1)$$

$$M = \rho Q = \rho vA \quad (5-2)$$

式中  $Q$ ——体积流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ;

$M$ ——质量流量 ( $\text{kg}/\text{s}$ ) ;

$\rho$ ——流体密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) ;

$v$ ——流体平均速度 ( $\text{m}/\text{s}$ ) ;

$A$ ——流通管道截面积 ( $\text{m}^2$ ) 。

### $Q$ 及 $M$ 与直径 $D$ 、密度 $\rho$ 的关系

如果流通管道的截面积为圆形，直径为 $D$ （单位为m），则：

$$Q = v \pi D^2 / 4, \quad M = \rho v \pi D^2 / 4。$$

例1 已知工作状态下的质量流量最大值 $M_{\max}=500\text{t/h}$ ，工作状况下被测流体的密度 $\rho=800\text{kg/m}^3$ ，求：工作状态下最大的体积流量 $Q$ 为多少立方米每小时？

$$\text{解 } Q = M / \rho$$

$$= 500\,000\text{kg/h} \div 800\text{ kg/m}^3 = 635\text{m}^3/\text{h}。$$

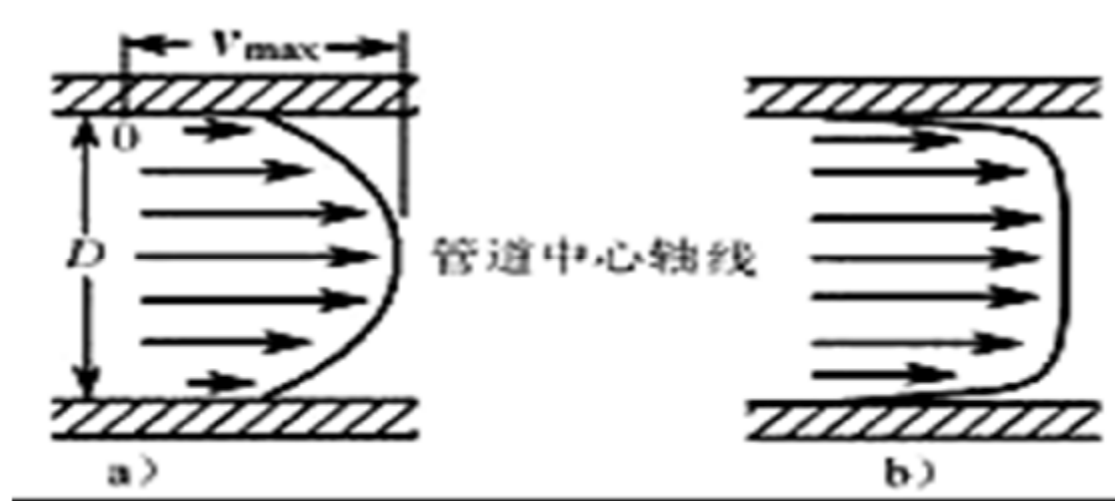
例2 已知某过热水蒸气的密度  $\rho=10\text{kg/m}^3$ ，管道直径  $D=250\text{mm}$ ，被测管道中的平均流速  $v=15\text{m/s}$ ，求：

- 1) 该过热蒸气的平均体积流量  $Q$ 。
- 2) 该过热蒸气的平均质量流量  $M$ 。
- 3) 该过热蒸气一小时累积的体积总量  $Q_{\text{总}}$  为多少立方米？
- 4) 该过热蒸气每小时的质量总量  $M_{\text{总}}$  为多少吨？

解

- 1)  $Q=v\pi D^2/4=(15\text{m/s})\times 3.14\times (0.25\text{m})^2\div 4=0.736\text{m}^3/\text{s}$ 。
- 2)  $M=\rho Q=10\text{kg/m}^3\times 0.736\text{m}^3/\text{s}=7.36\text{kg/s}$ 。
- 3)  $Q_{\text{总}}=Qt=0.736\text{m}^3/\text{s}\times 3600\text{s}=2649.6\text{m}^3$ 。
- 4)  $M_{\text{总}}=M\times t=7.36\text{kg/s}\times 3600\text{s}\div (1000\text{kg/t})=26.50\text{t/h}$

## 流体在管道中的流速分布



a) 层流时的流速分布 b) 紊流时的流速分布

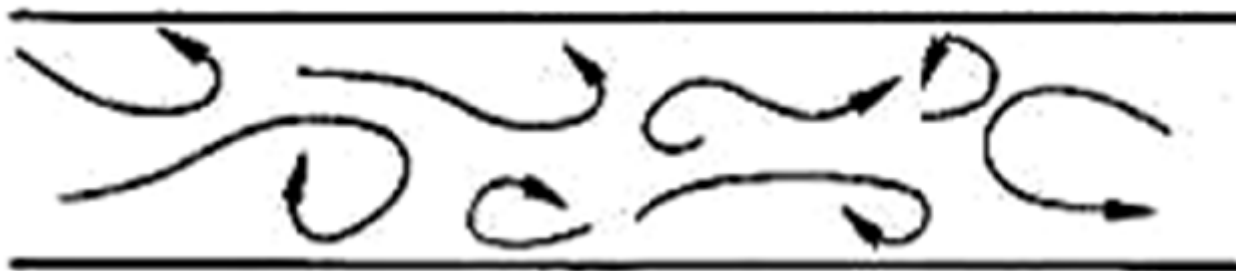


表1 常用流量计特性

类型	工作原理	积算特性	介质种类	压力损失	低速特性	含杂质	液体含气	高粘度	量程比
明渠堰式	变面积	非线性	液	小	好	可	可	否	20:1
玻璃转子式	变面积	非线性	气、液	小	好	少量	可	否	10:1
椭圆齿轮式	容积	线性	气、液	大	好	否	少量	可	20:1
蜗轮式	叶片旋转	线性	气、液	大	好	否	否	否	10:1
涡街式	漩涡频率	线性	气、汽、液	较小	不好	否	否	否	10:1



表2 常用流量计特性（续）

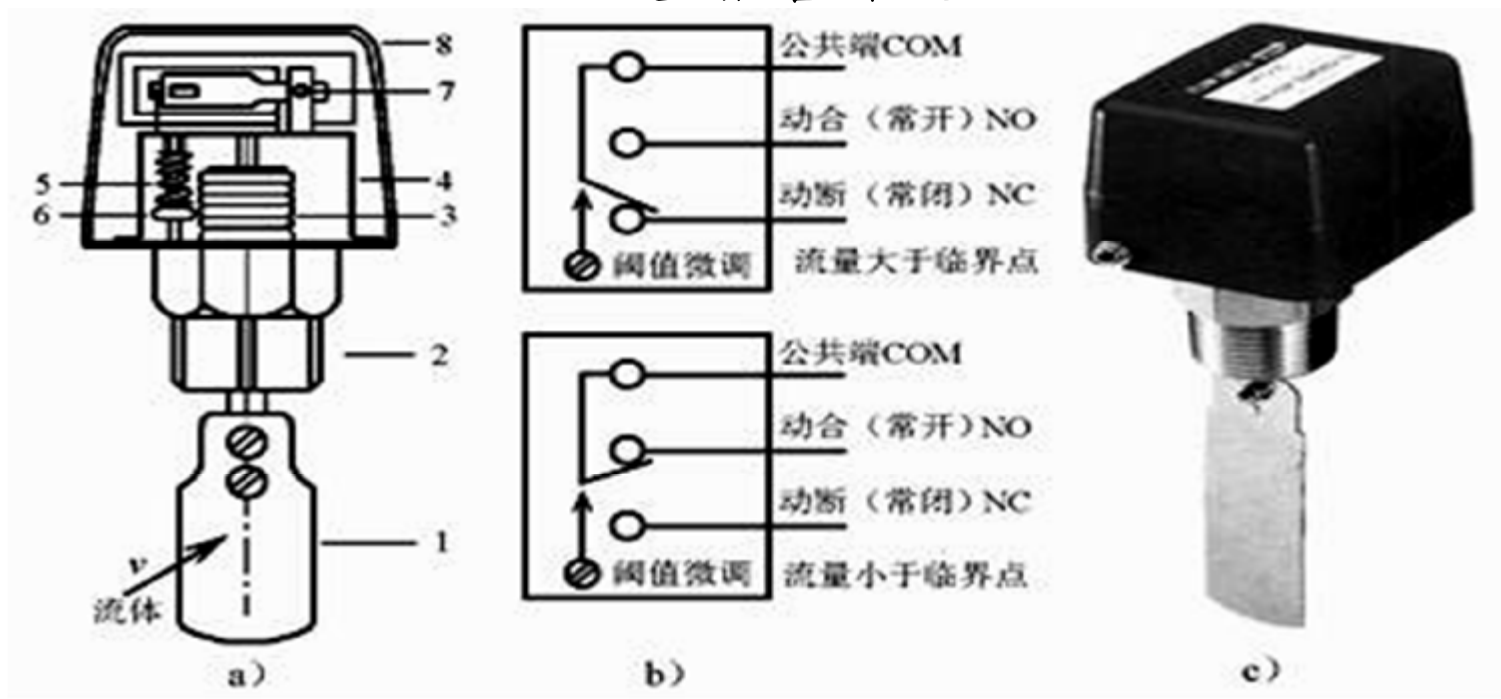
类型	工作原理	积算特性	介质种类	压力损失	低速特性	含杂质	液体含气	高粘度	量程比
孔板式	压力差	开平方	气、汽、液	大	不好	否	否	否	5:1
超声波式	时间差、频率差	线性	气、液	小	不好	可	否	可	20:1
电磁式	磁感应	线性	导电液	小	不好	可	少量	可	20:1
科氏质量式	开氏力	非线性	液	中等	好	可	少量	可	10:1



# 14.1 水流开关



## 流量报警开关



a) 内部结构图 b) 触点状态图 c) 外形

1—挡板 2—安装接管 3—密封波纹管 4—杆杠

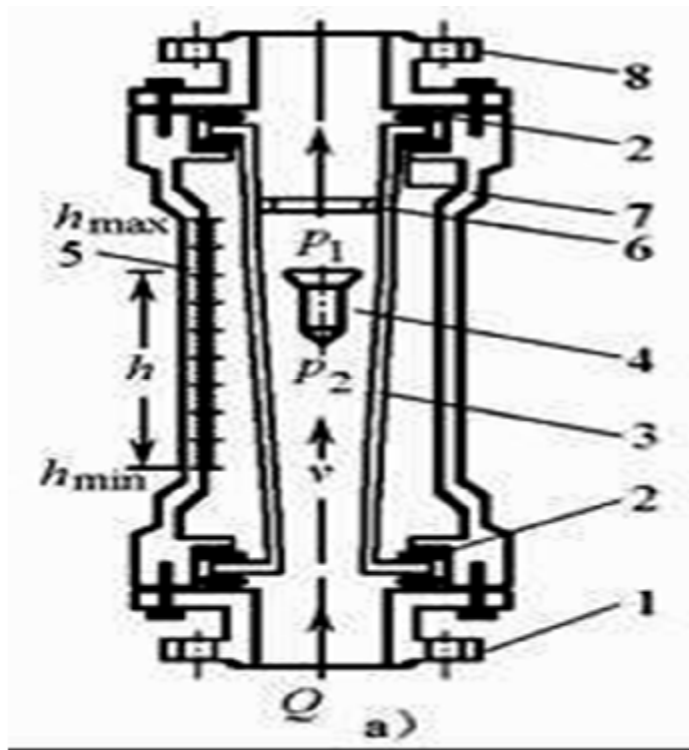
5—弹簧 6—灵敏度微调螺钉 7—微动开关触点 8—报警开关外壳



# 14.2 玻璃转子流量计



## 玻璃转子流量计



a) 结构示意图 b) 实物

1—下基座法兰 2—O型垫圈 3—玻璃锥管 4—浮子  
5—刻度 6—上限挡板 7—保护外壳 8—上基座法兰

## 玻璃转子流量计

玻璃转子流量计主要用于化工、石油、轻工、医药、化肥、化纤、食品、染料、环保及科学研究等各个部门中，用来测量**单相非脉动**(液体或气体)流体的流量。防腐蚀型玻璃转子流量计主要用于有腐蚀性液体、气体介质流量的检测，例如强酸(氢氟酸除外)、强碱、氧化剂、强氧化性酸、有机溶剂和其它具有腐蚀性气体或液体介质的流量检测。

特点：

压力损失小，性能可靠，结构简单，安装使用方便，价格便宜



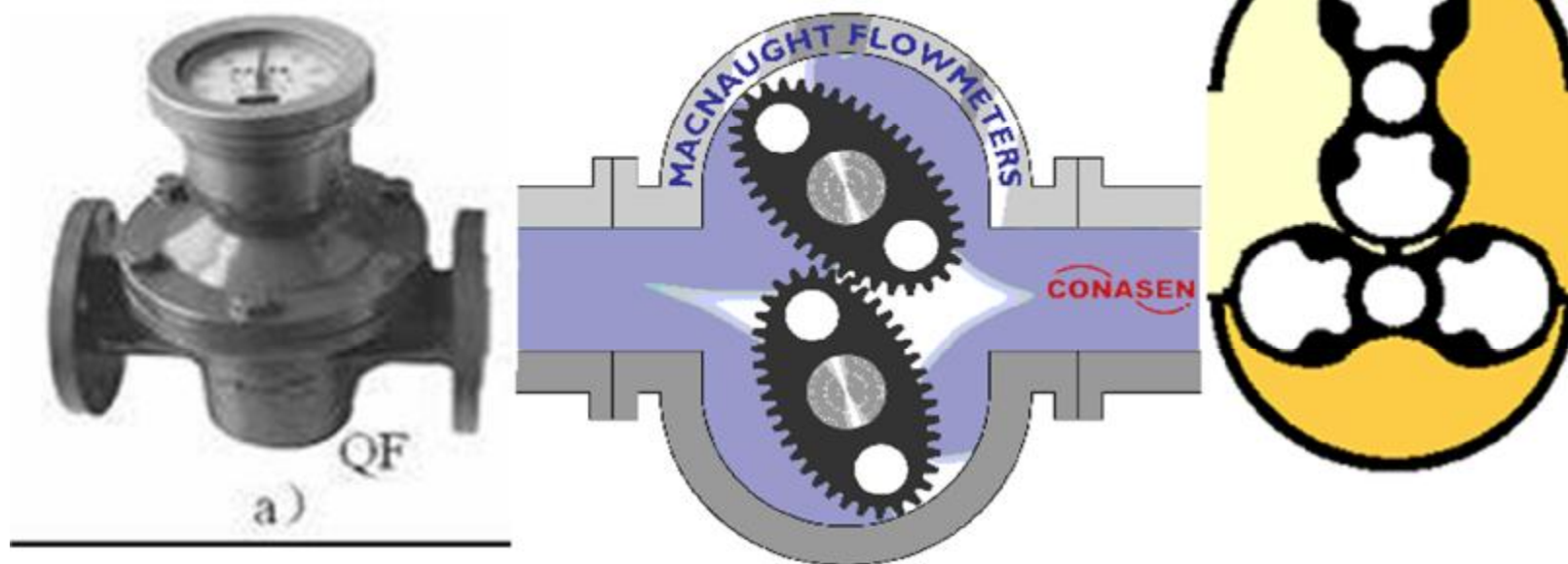


# 14.3 齿轮流量计





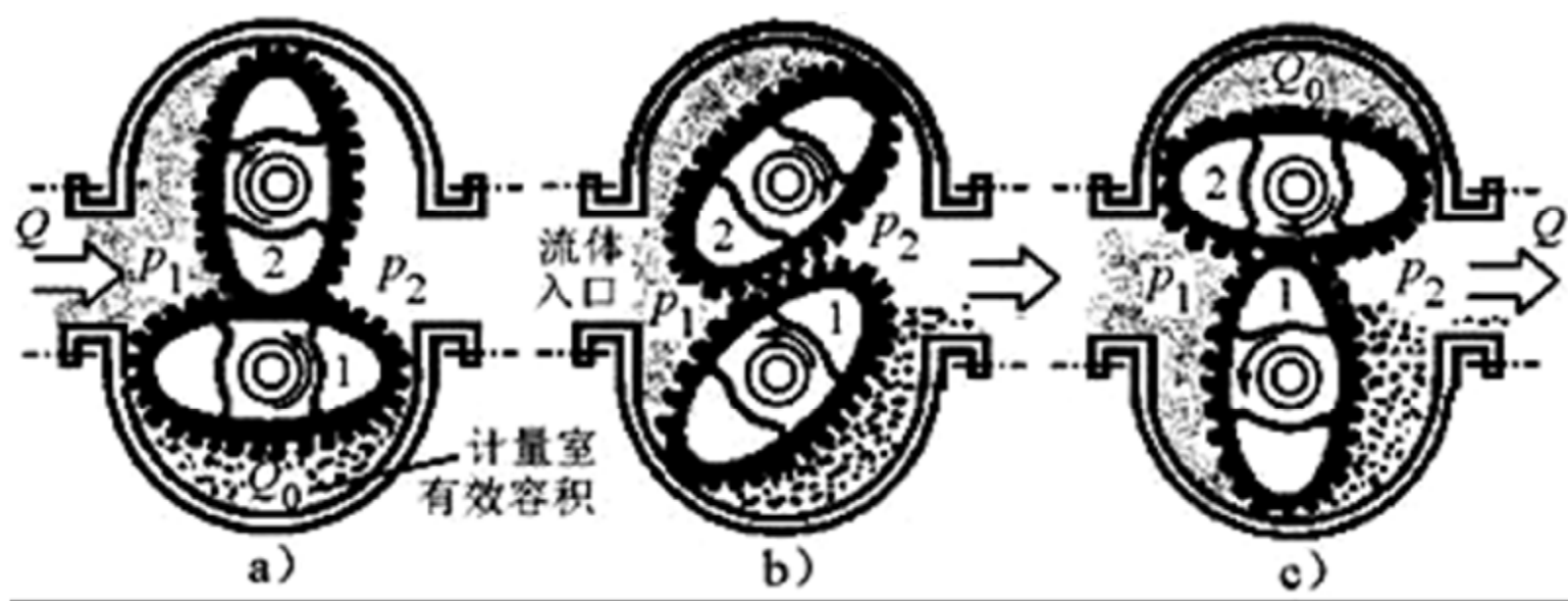
椭圆齿轮流量计



椭圆齿轮流量计属于容积式流量计，又称定排量流量计，是准确度较高的一类流量计。容积式流量计按其测量元件分类，又分为椭圆齿轮流量计、腰轮流量计、刮板流量计、旋转活塞流量计、往复活塞流量计、圆盘流量计、液封转筒式流量计等。



## 椭圆齿轮流量计的工作过程



## 椭圆齿轮流量计的工作过程

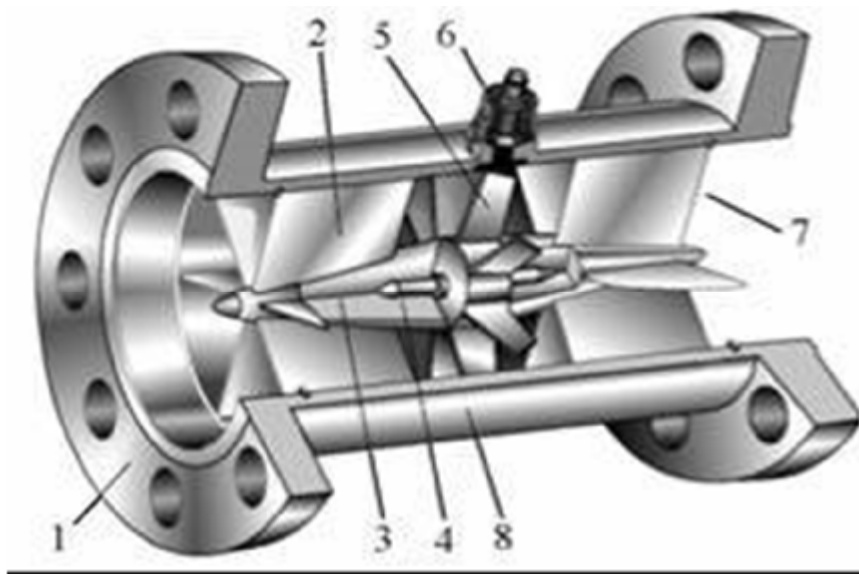
- a) 齿轮1的两端分别处于入口侧和出口侧
- b) 齿轮1中的液体被挤到出口侧
- c) 齿轮2的两端分别处于入口侧和出口侧



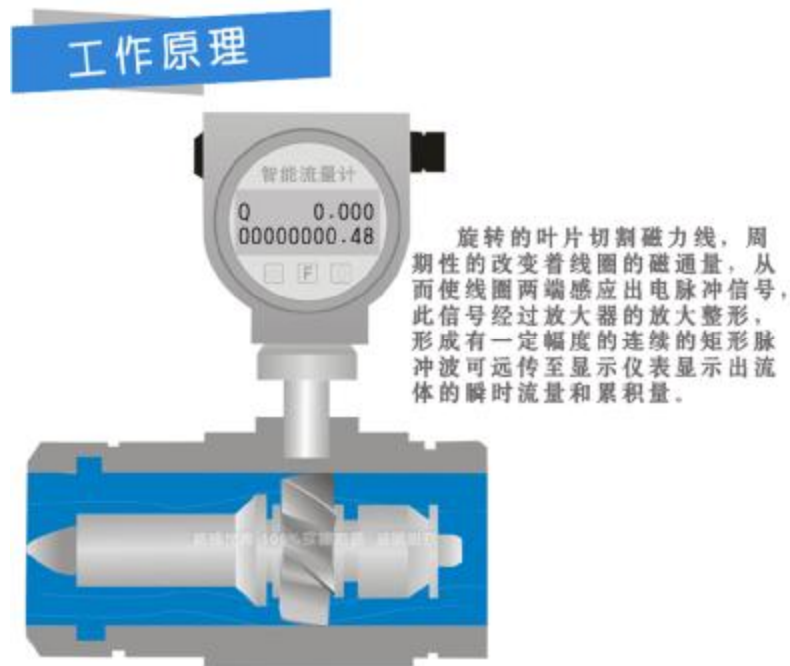
# 14.4 涡轮流量计



## 涡轮流量计结构示意图



- 1—安装法兰    2—流体入口导流片（固定）    3—导流片固定杆  
 4—涡轮轴承    5—叶片    6—磁电转换器    7—导向板    8—壳体

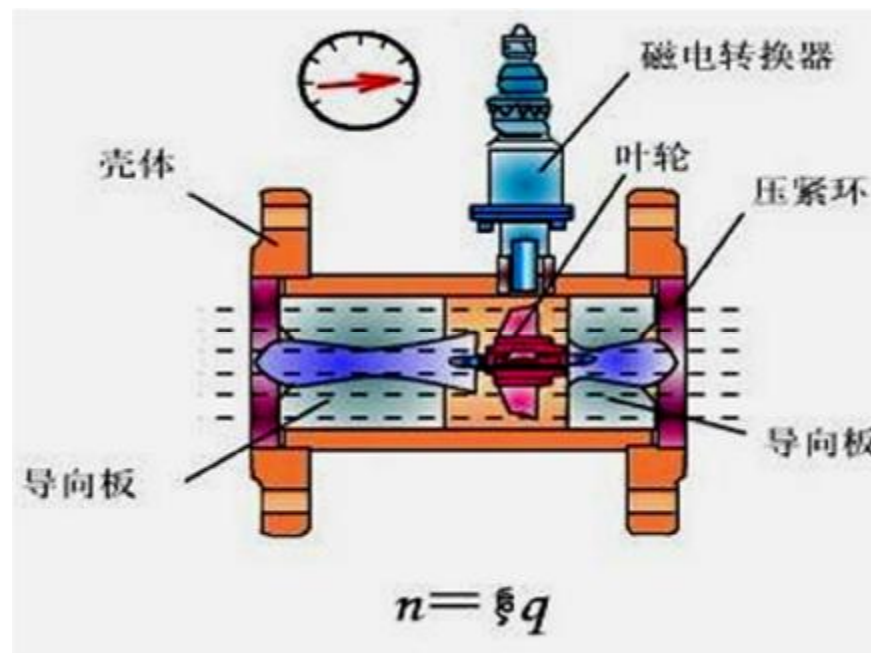


### 多叶片转子涡轮流量计工作原理

涡轮感受流体的平均流速。壳体由非磁性的不锈钢制成；涡轮由导磁的不锈钢制成，装有螺旋状叶片。管道的直径越大，叶片的数量就越多（4~24片不等）。涡轮两端由耐磨的碳化钨硬质合金或四氟化碳轴承支撑。

测量气体时，叶片的倾角为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ；

测量液体时，叶片的倾角为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。叶片与内壳间的间隙为1mm左右。

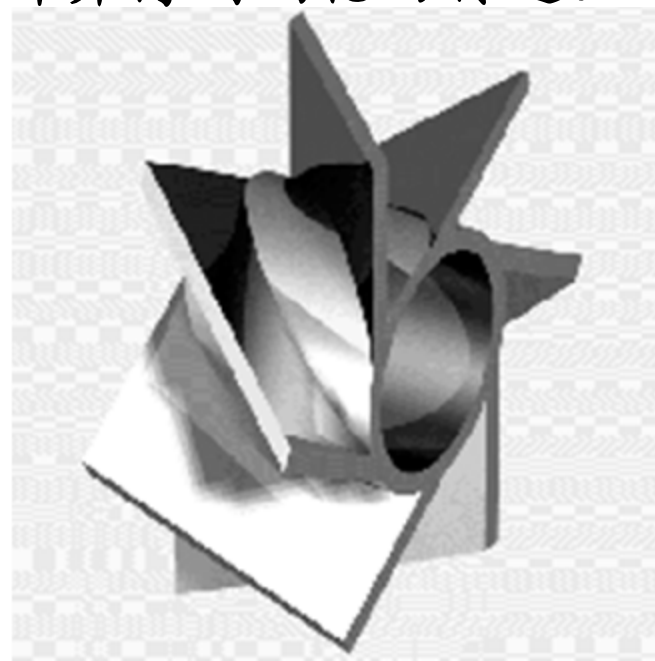


## 多叶片转子涡轮流量计工作原理(续)

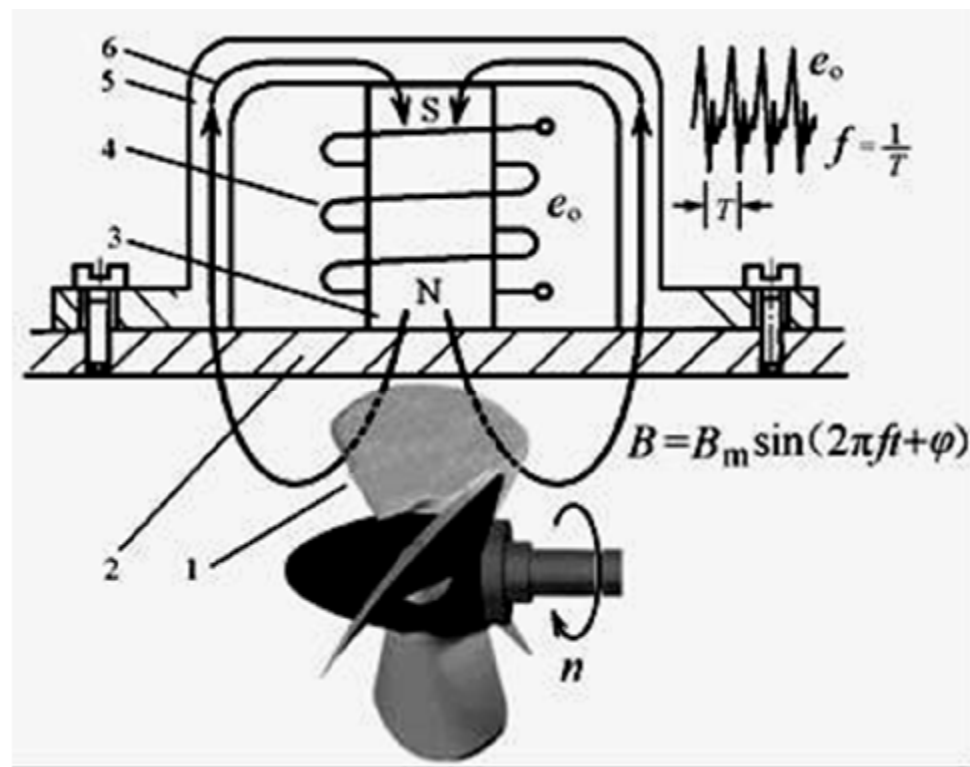
当涡轮旋转时，导磁叶片顶部周期性地切割磁力线，使通过线圈的磁感应强度 $B$ 发生周期性变化，从而在线圈内感应出频率为 $f$ 的电脉冲信号 $e_0$ 。再经放大、整形，微处理器即可计算得到涡轮的转速：

$$n=60f/z。$$

式中的  $z$  为涡轮的叶片数目。将转速信号远传至二次仪表。



磁电接近开关发讯器原理示意图



1—被测旋转体(导磁不锈钢叶片)    2—非导磁涡轮壳体  
3—永久磁铁    4—线圈    5—发讯器磁性外壳    6—磁力线



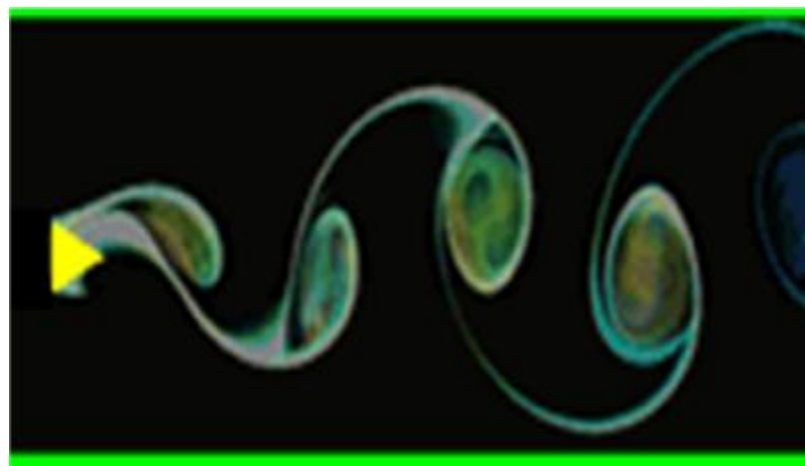
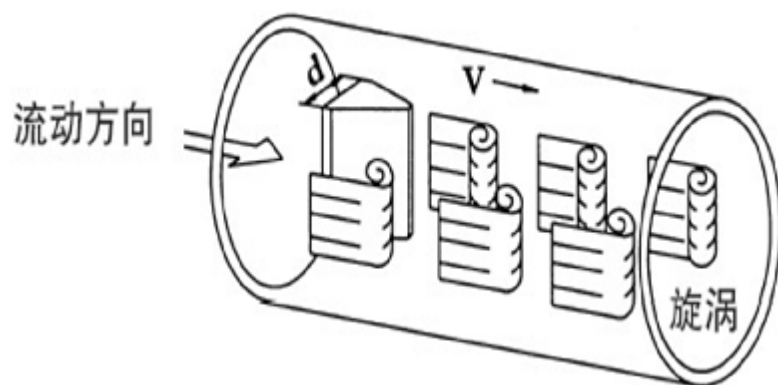
# 14.5 卡门涡街流量计





## 卡门涡街流量计

当流体流经圆锥体时, 由于流体和圆锥体之间的摩擦, 一部分流体的动能转化为流体振动, 在锥体的后部两侧交替地产生卡门旋涡。由于两侧旋涡的旋转方向相反, 所以下游的流体产生振动, 在额定范围内, 其流体的振动频率与流速成正比。常用的非线性柱体有圆柱体 (横向)、圆柱体 (纵向)、圆锥体等。





## 卡门涡街流量计

利用伴随旋涡分离的物理效应，可以采用热敏、力敏元件通过光、声调制方法等来检测旋涡分离频率。

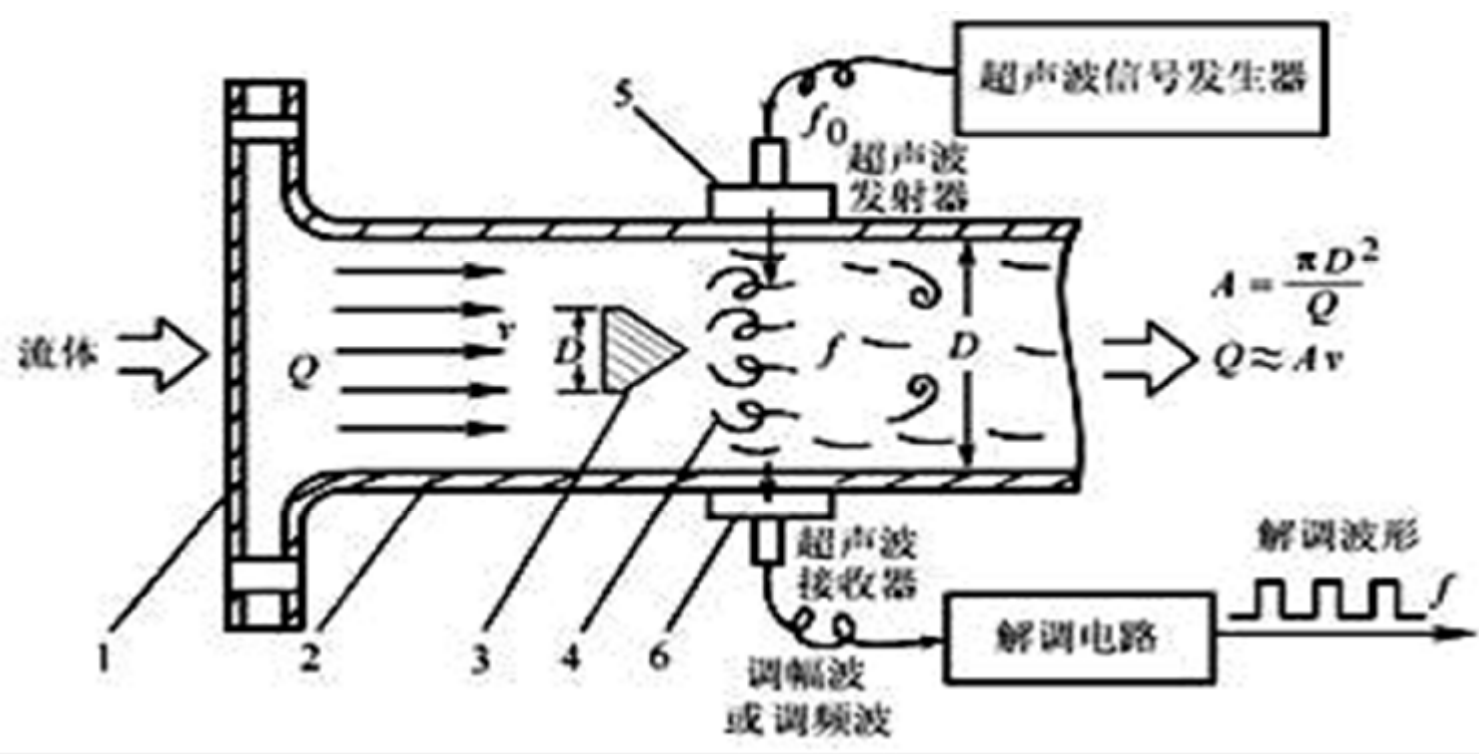
1、热敏元件测量方法：旋涡分离产生的交变环流引起的柱体表面速度脉动或者交变横向流的频率，用加热金属丝、热敏电阻器等进行检测。

2、力敏元件检测方法：旋涡分离造成的交变差压、交变升力或者交变升力引起的机械振动，用差动电容、电阻应变片、压电晶体、压电陶瓷等检测。

3、电磁传感器检测方法：旋涡的分离所引起的铁片或者梭球等的往复振动的频率，用电磁传感器检测。

4、声光信号调制检测方法：利用声束光束通过涡街时受到漩涡的调制，由接收声强或相位的脉动频率得到漩涡分离频率。

## 卡门涡街流量计



- 1—安装法兰 2—管道 3—旋涡发生锥体  
4—卡门旋涡 5—超声波发生器探头 6—超声波接收器探头

## 卡门涡街流量计优点

无可动部件；量程范围宽  
(100:1)；压力损失小；几乎不受流体的压力、温度等参数的影响；

气、液均可以使用，可用于大口径管道的气、液测量。

气体或液体管道及  
涡流发生锥体

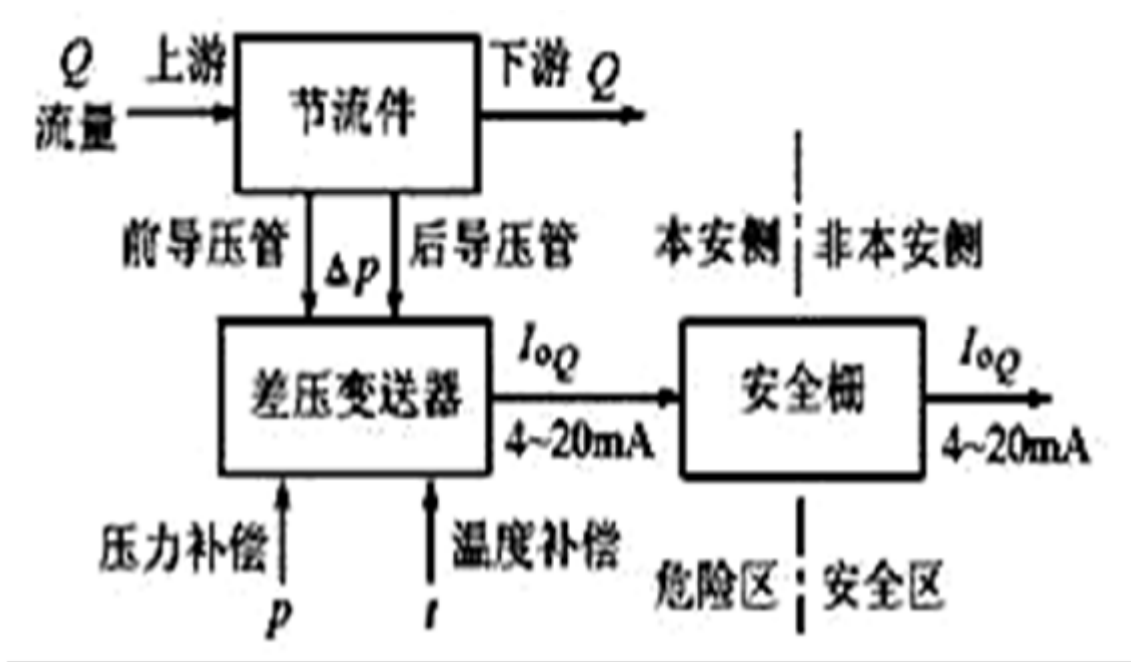


卡门涡街流量计的内腔  
没有可动部件



# 14.6 节流式流量计





节流式流量计工作原理框图

## 节流现象

利用流体流经节流装置产生压强差，将感受的流体流量转换成可用输出信号。

在节流装置的前、后，流体的静压力产生差异的现象称为节流现象。节流装置是差压式流量传感器的流量敏感检测元件，是安装在流体流动的管道中的阻力元件。



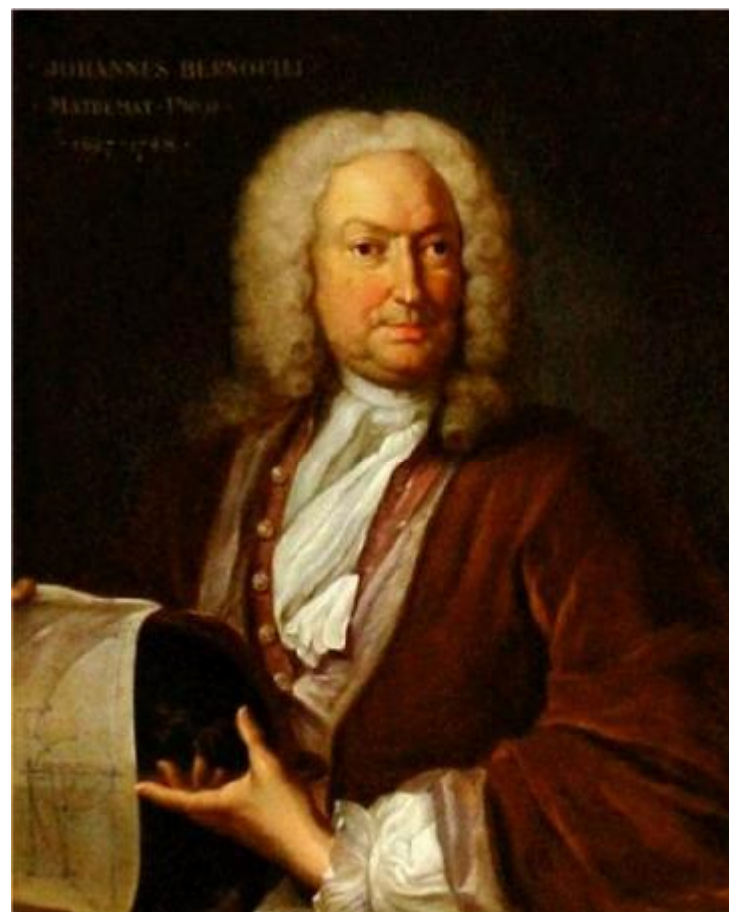
各种节流孔板

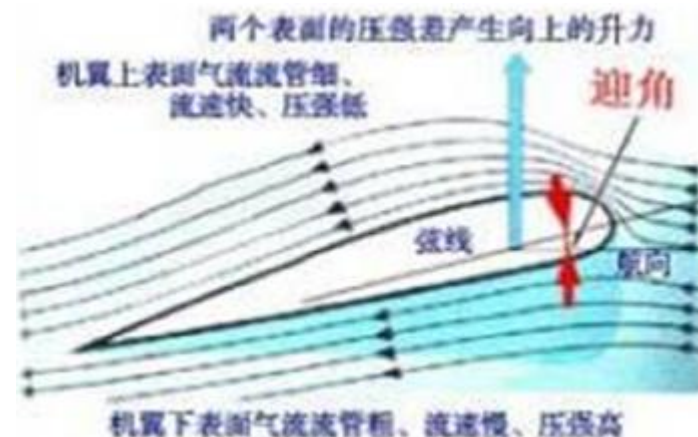
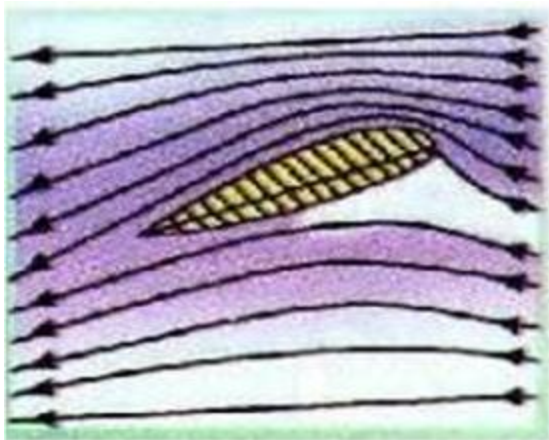


## 科学家伯努利

在一个流体系统，比如气流、水流中，流速越快，流体产生的压力就越小，这就是被称为“流体力学之父”的丹尼尔·伯努利1738年发现的“伯努利定律”。

这个压力差产生的力量是巨大的，空气能够托起沉重的飞机。



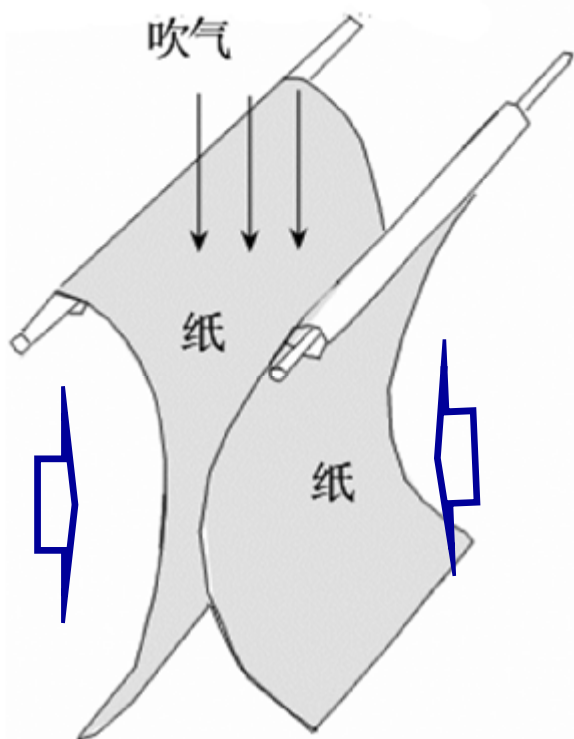


### 机翼上下侧的流速差产生升力

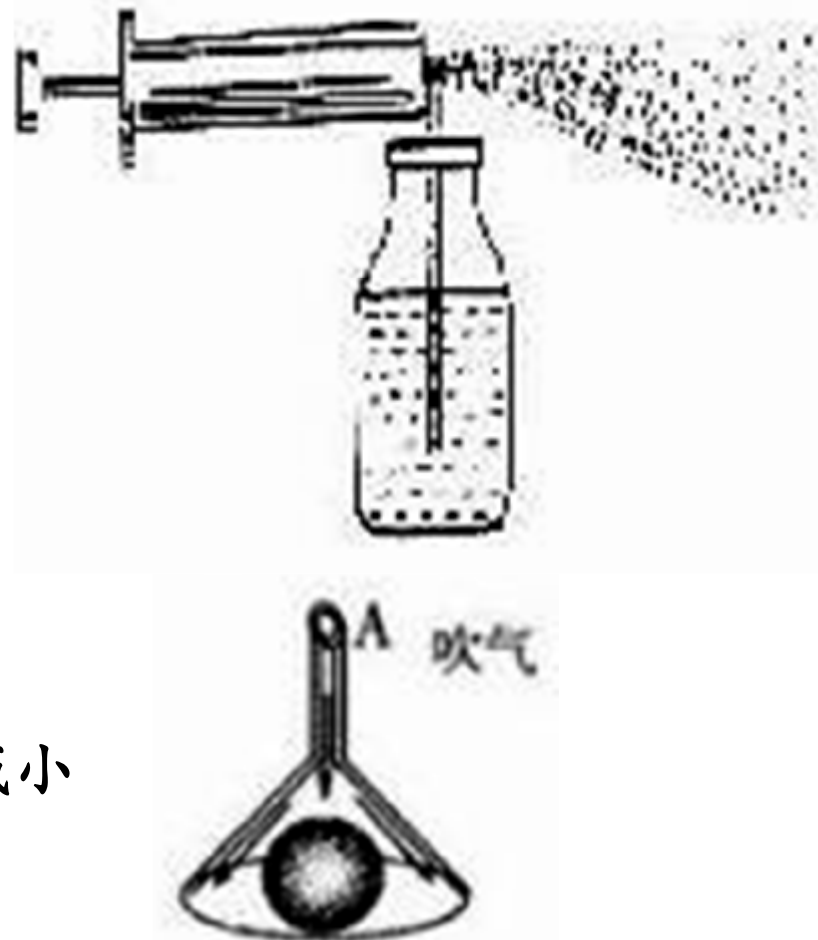
当流体流经节流元件时，由于流通面积突然减小，流束成局部收缩，部分“压力能”转化为动能，处于收缩截面处的流体平均流速增加。根据伯努利方程，管道中流体的流速越大，压力就越小，所以流体节流之后的压力小于节流之前的压力，在节流件的上游侧与下游侧之间产生差压 $\Delta p$ 。若已知流体状态、节流件的形式，以及管道的尺寸，通过测量节流件前、后的差压，根据有关公式，就可以计算出流体的流量。



压缩空气快速通过瓶子上方时，  
压力减小，液体被吸出



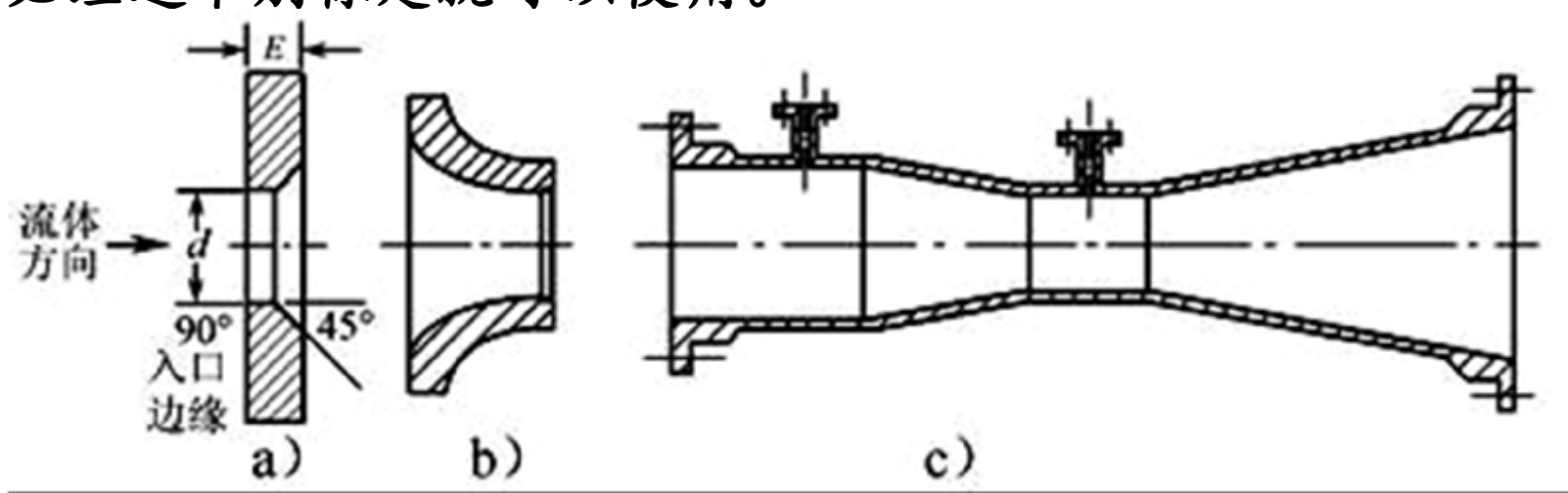
吹气不会使  
两张纸分开，  
反而使间隙减小



## 节流元件

是在管道中放置一个局部面积收缩的机械元件，简称节流件。

标准节流装置就是有关计算数据都经国家相关部门试验而有统一的图表和计算公式，按统一标准规定设计、加工和安装的节流装置，不必经过个别标定就可以使用。



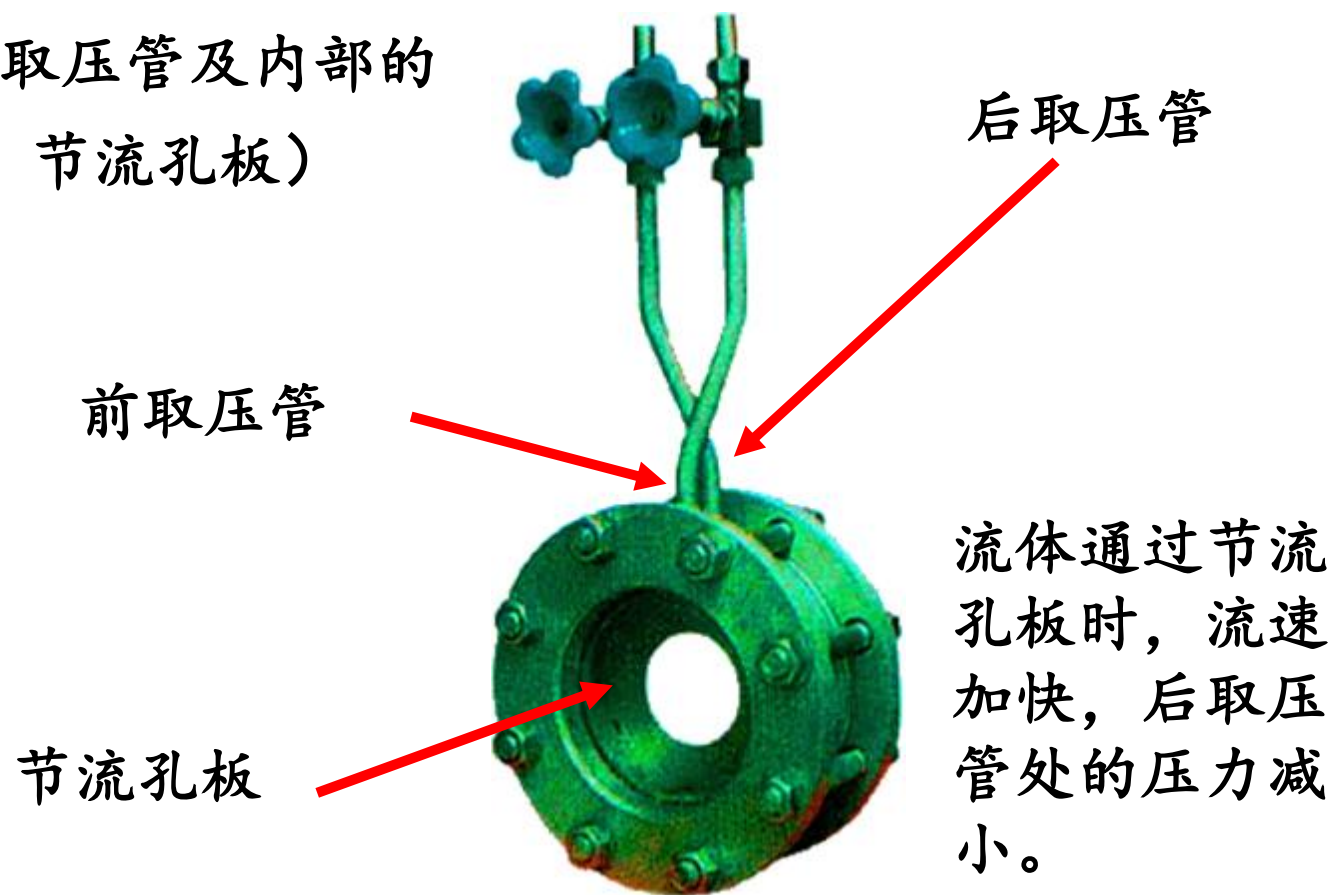
a) 标准孔板    b) 喷嘴    c) 文丘里管

利用标准孔板测量流量必须满足以下条件

- ①管道的直径必须大于50mm而小于1200mm;
- ②流体必须充满管道，并连续流动；
- ③不应发生气、液物态变化（即需要保持单相流）；
- ④流体流束必须与管道轴平行，不应有旋转流或偏心流；
- ⑤差压变送器的规格应与标准孔板的孔径匹配；
- ⑥在计算蒸气和气体流量时，必须针对流体的压力和密度实测值进行修正。

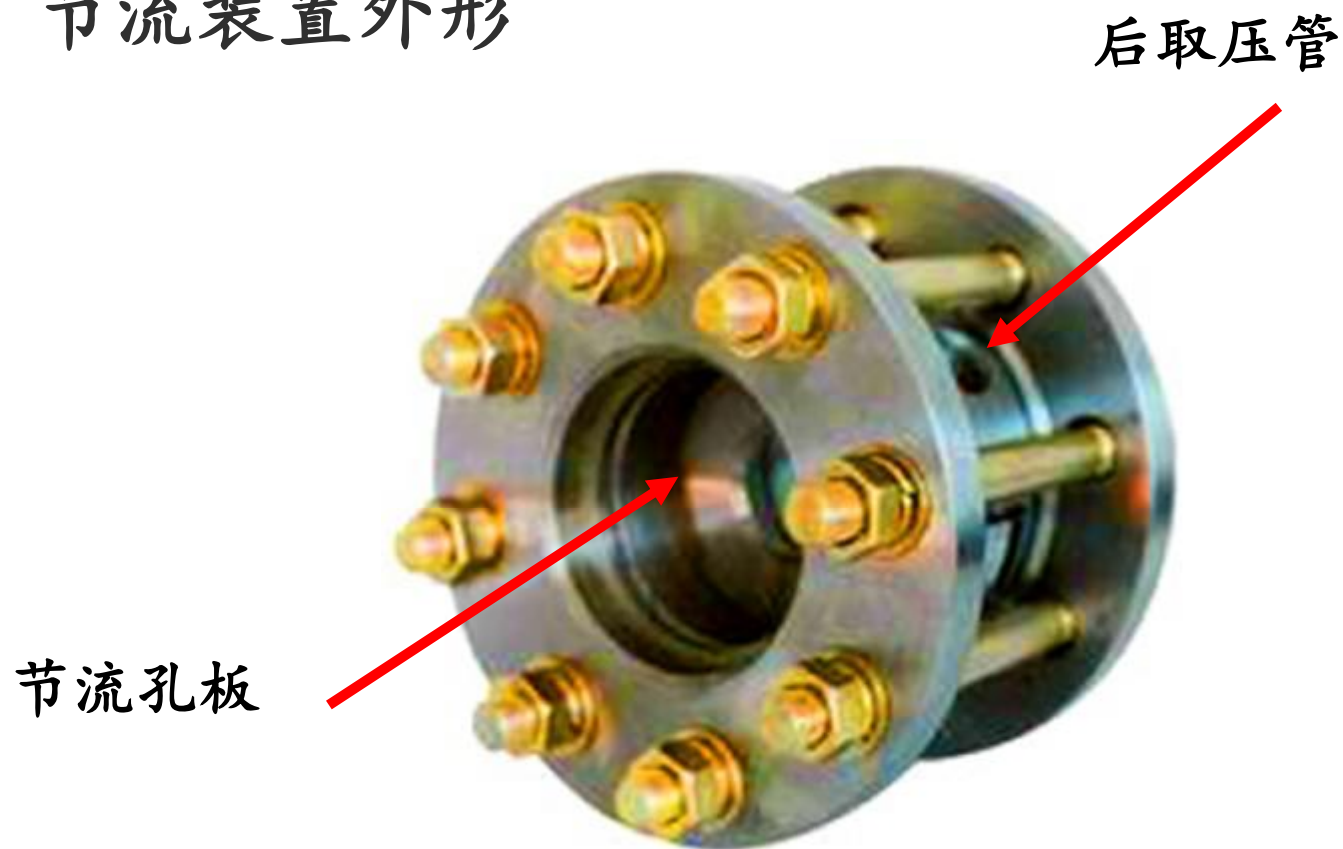
节流式流量计的缺点是流体通过节流装置后，会产生不可逆的压力损失。另外，当流体的温度 $t$ 、压力 $p_1$ 变化时，流体的密度将随之改变。所以必须进行温度、压力修正。

## 节流装置

(取压管及内部的  
节流孔板)

流体通过节流孔板时，流速加快，后取压管处的压力减小。

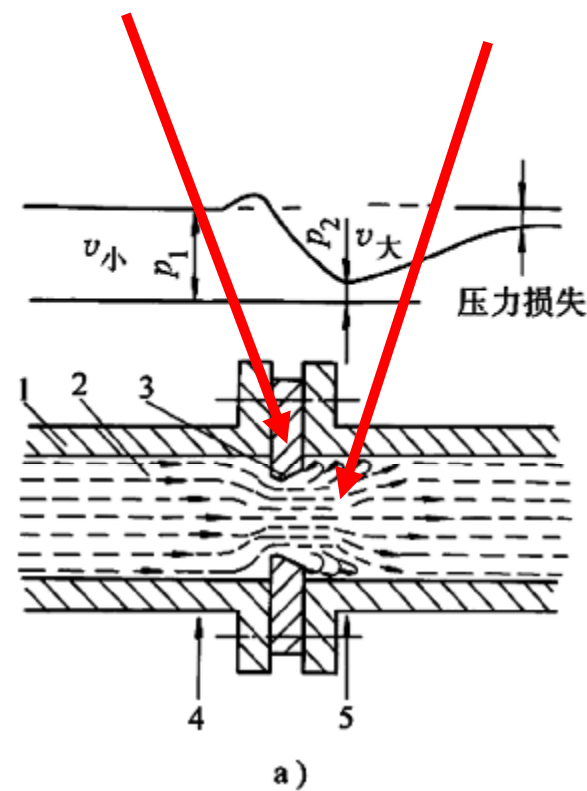
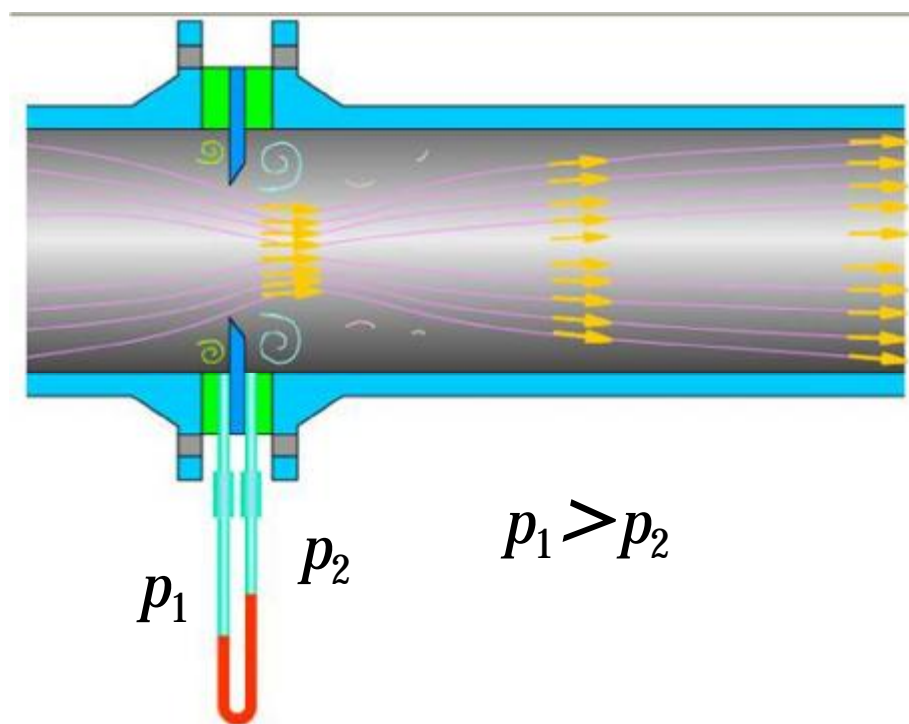
## 节流装置外形



流体流经节流孔板时，压力  
和流速的变化情况

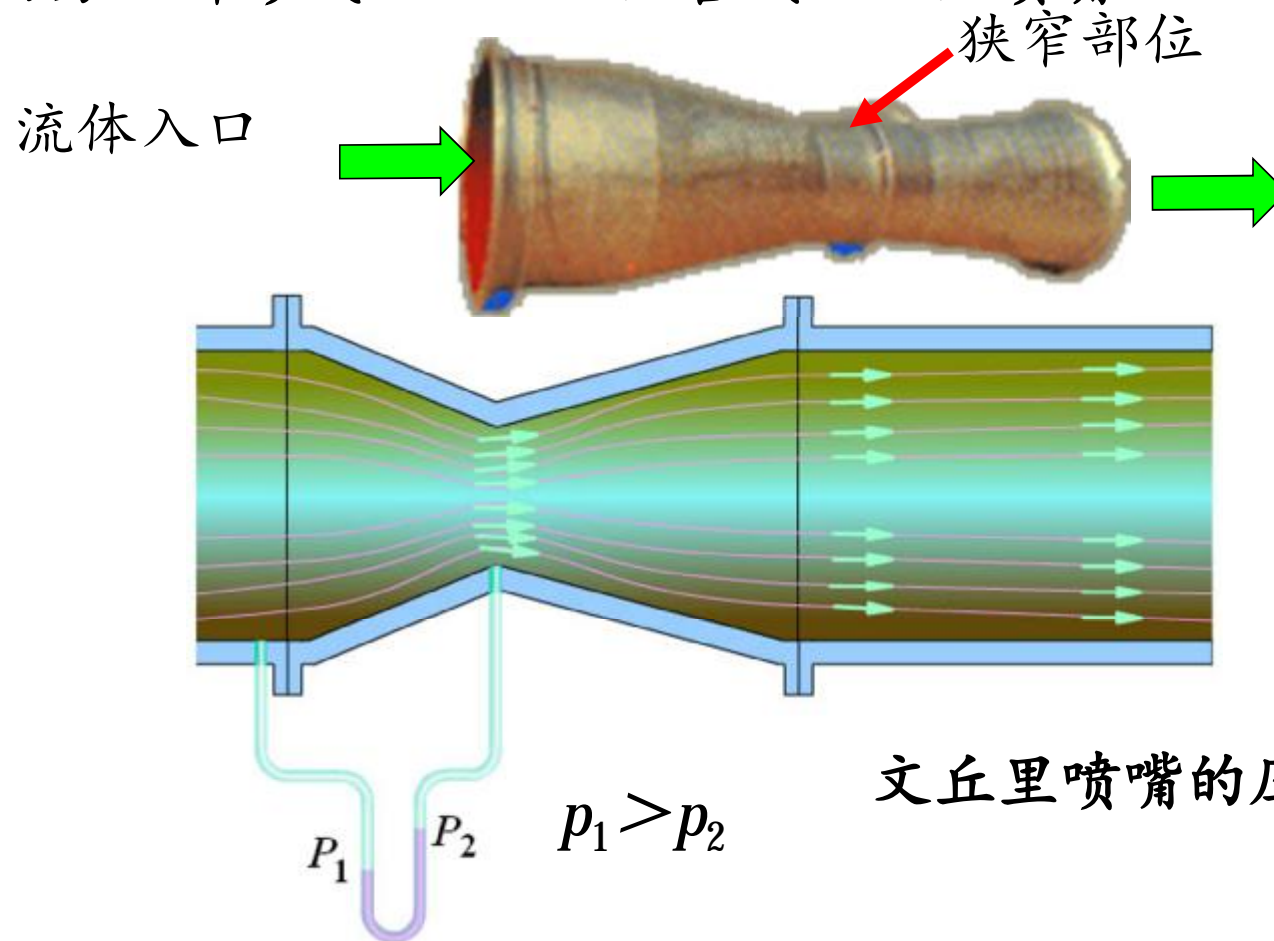
节流孔板

流速变快，压力变小





## 节流装置的另一种形式——文丘里管或文丘里喷嘴



文丘里喷嘴的压力损失较小。

### 文丘里管

文丘里管有一段扩展段，流体从收缩到扩展都有一定的型面引导，涡流比喷嘴小，压力损失是孔板的 $1/3 \sim 1/6$ 。文丘里管加工复杂，价格昂贵，多用于大管径以及要求节能的场合。



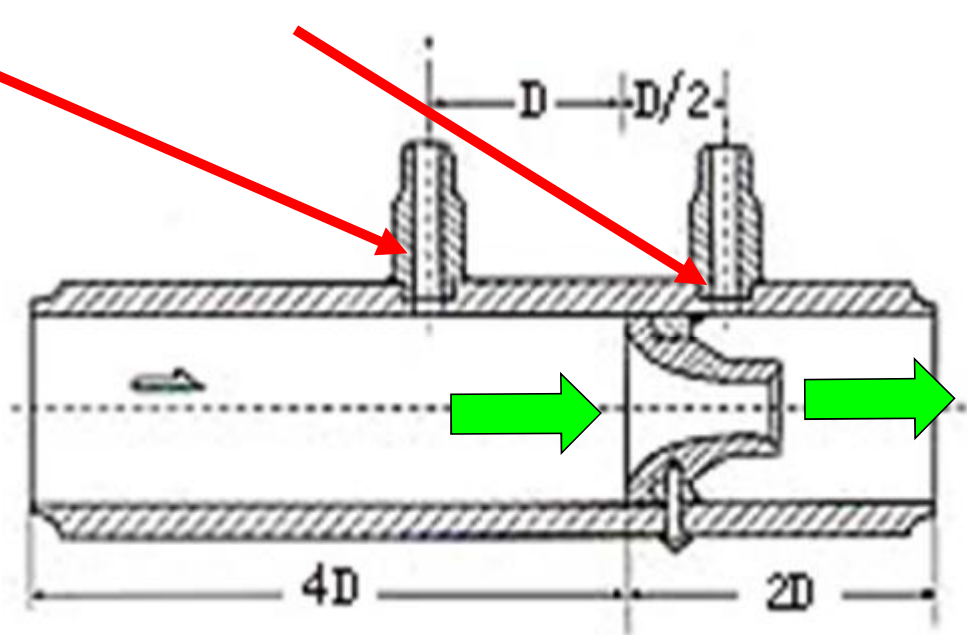


## 文丘里喷嘴原理示意图

文丘里喷嘴在管道中的位置

前取压口

后取压口



## 标准孔板的流量计算

流体通过标准孔板时，体积流量、质量流量与孔板上、下游的两个取压口之间的差压之间的关系为

$$M = \alpha \epsilon A_0 \sqrt{2 \rho \Delta p} = K \sqrt{\rho \Delta p}$$

$$Q = \alpha \epsilon A_0 \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} = K \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

式中  $\alpha$ ——流量系数（查工况手册）；  
 $\epsilon$ ——流体的膨胀系数（液体的  $\epsilon \approx 1$ ，气体的  $\epsilon < 1$ ）；  
 $A_0$ ——孔板前端的开口截面积（ $\text{m}^2$ ）；  
 $\Delta p$ ——孔板前、后的压力差（Pa）；  
 $\rho$ ——流体密度（ $\text{kg}/\text{m}^3$ ）；  
 $K$ ——流量比例系数。

例3 某节流式液体流量计中的差压变送器不带开平方器。原设计工况中的液体密度不变，测得差压变为原来9倍，求：体积流量 $Q_2$ 是 $Q_1$ 的多少倍？

解 根据式(5-6)有

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{Dp_1}{Dp_2}} = \sqrt{\frac{1}{9}} = \frac{1}{3}$$

所以体积流量 $Q_2$ 是 $Q_1$ 的3倍。

如果密度不变，质量流量 $M_2$ 也是 $M_1$ 的3倍。

例6 用孔板及差压变送器测量流量，差压变送器的量程为25kPa，对应的最大体积流量为60m<sup>3</sup>/h，工艺要求在1/3流量量程时报警。变送器的输出电流为4~20mA，求：

- 1) 差压变送器带开平方器时，对应的报警输出电流值 $I_1$ 设在多少毫安？
- 2) 差压变送器不带开平方器时，对应的报警输出电流 $I_2$ 设在多少毫安？

解 报警点的体积流量 $Q_3=Q_{\max}/3=60\text{m}^3/\text{h}\div 3=20\text{m}^3/\text{h}$ 。

1) 变送器带开平方器时，因为输出电流与流量 $Q$ 成正比，所以对应的报警输出电流为 $I_1=(20\text{t/h}\div 60\text{t/h})\times 16\text{mA}+4\text{mA}=9.33\text{mA}$ 。

2) 变送器不带开平方器时，由于流量与差压的平方根成正比，所以对应于20m<sup>3</sup>/h流量时的差压 $\Delta p_{20}=25\text{kPa}\times (20/60)^2=2.78\text{kPa}$ 。

对应的报警输出电流为 $I_2=(2.78\text{kPa}\div 25\text{kPa})\times 16\text{mA}+4\text{mA}=5.78\text{mA}$ 。

例7 有一差压变送器用于流量测量，量程为40kPa，对应的流量范围为0~200m³/h。实际运行中发现常态流量经常处于35~40kPa之间，有时还超过40kPa，所以要求扩大差压量程，使常态流量在满度的2/3附近，问：差压变送器的量程应如何调校（调试和校验）？

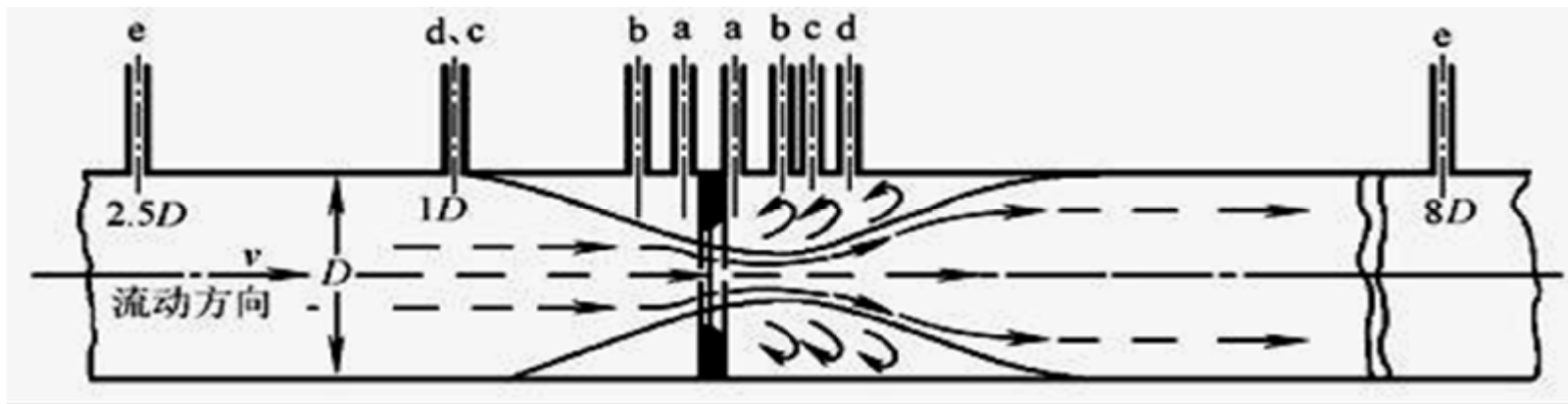
解 按照题意，流量计调校后的量程

$$Q=Q_{\text{原}} \times (3/2)=200\text{m}^3/\text{h} \times (3/2)=300\text{m}^3/\text{h}。$$

已知原变送器量程为40kPa，当显示范围仅0~200m³/h时，则有：  
 $(300/200)^2 = \Delta p_2 / 40\text{kPa}。$

$\Delta p_2 = 40\text{kPa} \times (300/200)^2 = 90\text{kPa}。$ 所以差压变送器的量程要调校为0~90kPa。

## 节流件的取压方式



标准孔板的5种取  
压方式及取压孔位置

aa—角接取压法

bb—法兰取压法

cc—理论取压法

dd—径距取压法

ee—管接取压法



## 取压方法

(1) 角接取压法：上、下游导压管位于孔板（或喷嘴）的前、后端面处是最常用的取压方法。

(2) 法兰取压法：由两个带取压孔的取压法兰组成。上、下游侧取压孔的轴线至孔板上、下游侧端面之间的距离均为  $(25.4 \pm 0.8) \text{ mm}$ 。

(3) 理论取压法：上游侧取压孔的轴线至孔板上游端面的距离为  $1D \pm 0.1D$ （ $D$ 为管道的直径，以下同），下游侧取压孔的轴线至孔板下游端面的距离与孔板的开孔面积值有关。理论上应该处于流束收缩到最小截面的距离。需要对差压进行修正。理论取压法应用于管道直径  $D > 100 \text{ mm}$  的场合。



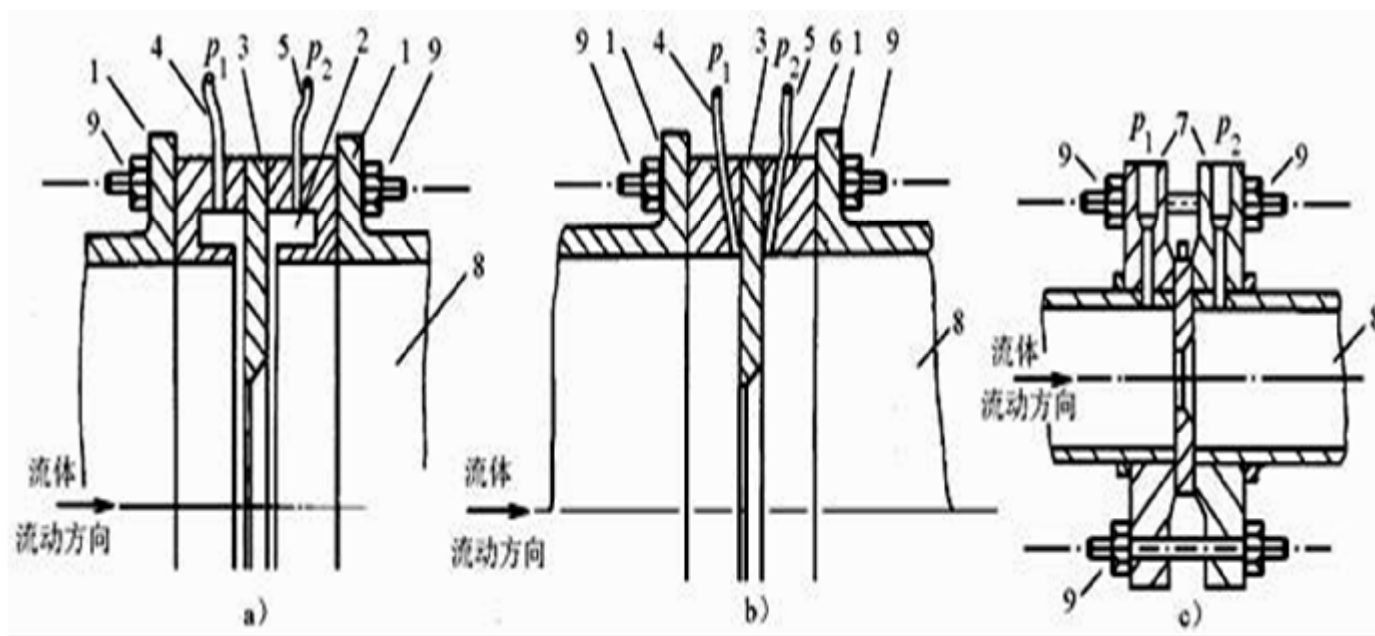
### 取压方法（续）

（3）理论取压法：上游侧取压孔的轴线至孔板上游端面的距离为  $1D \pm 0.1D$ （ $D$ 为管道的直径，以下同），下游侧取压孔的轴线至孔板下游端面的距离与孔板的开孔面积值有关。理论上应该处于流束收缩到最小截面的距离。需要对差压进行修正。理论取压法应用于管道直径  $D > 100\text{mm}$  的场合。

（4）径距取压法：上游侧取压孔的轴线至孔板上游端面的距离为  $1D \pm 0.1D$ ，下游侧取压孔的轴线至孔板下游端面的距离为  $0.5D$ 。

（5）管接取压法：上游侧取压孔的轴线至孔板上游端面的距离为  $2.5D$ ，下游侧取压孔的轴线至孔板下游端面的距离为  $8D$ 。这种取压方法测得的是流体流经孔板后的压力损失值。

## 常用的三种标准孔板取压方法



a) 环室取压法    b) 直接钻孔取压法    c) 法兰取压法

1—法兰    2—环室    3—孔板    4—前导压管    5—后导压管  
6—夹紧环    7—法兰取压孔    8—下游管道    9—夹紧螺栓

### 节流式流量计的缺点

- 1) 流体通过节流装置后，产生不可逆的压力损失。
- 2) 对上游直管段有较高的要求，否则将造成测量误差。
- 3) 被测流量与差压  $\Delta p$  成平方根关系。流量标尺是非线性的，可加开平方器。
- 4) 输入与输出之间是非线性关系，流量较小时，误差较大，通常要求常态流量在1/3量程以上。

### 节流式流量计的型号和规格

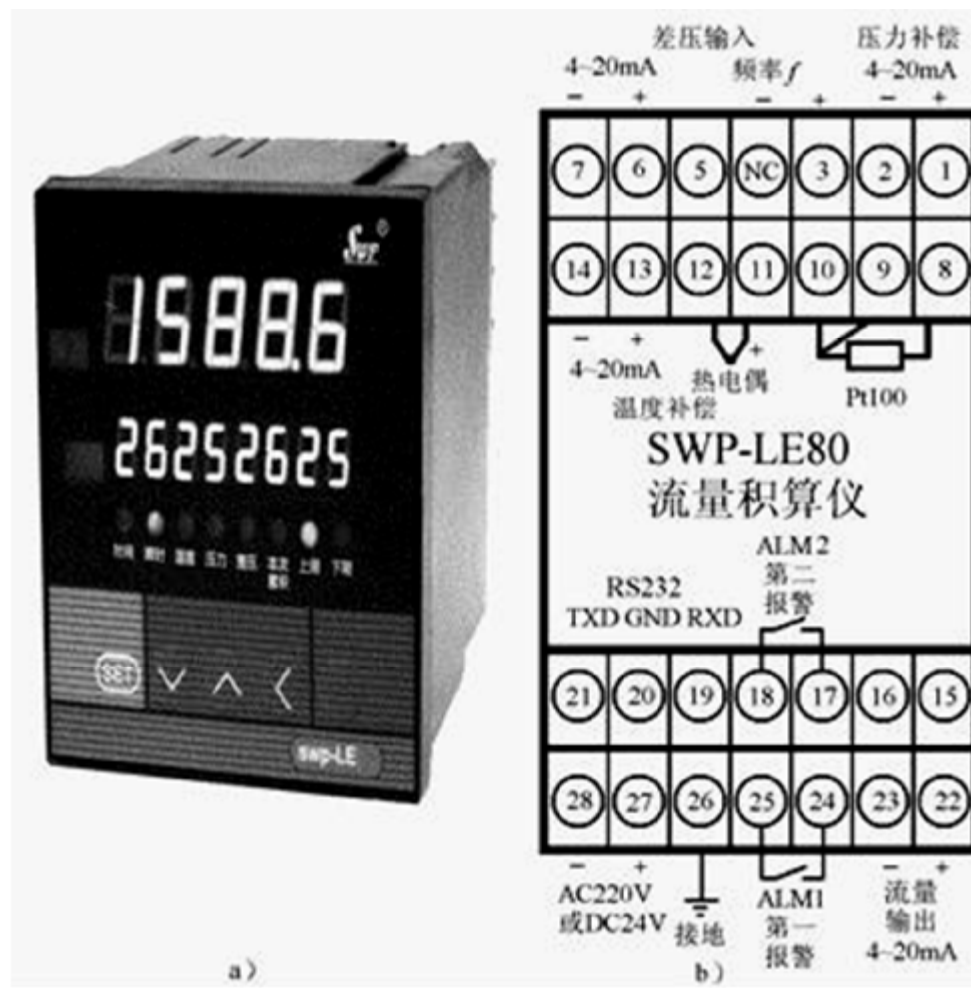
LG	节流装置				
	K孔板	标准孔板H: 环室; Y: 法兰; K: 钻孔 S: 双重孔板; Q: 圆缺孔板; Z: 锥形入口孔板; R: 1/4圆孔板 P: 偏心孔板N: 整体(内藏)孔板; X: 楔形孔板			
	P喷嘴	I: ISA1932; L: 长径喷嘴; W: 文丘利喷嘴; G: 经典文丘利管			
		公称压力	$x_1$ kPa或 $x_2$ MPa		
			口径	(××mm)	
			介质	1: 液体; 2: 气体; 3: 蒸气; 4: 高温液体	
			补偿形式	N: 不带压力、温度补偿; P: 带压力补偿输出; T: 带温度补偿输出; Q: 带压力、温度补偿输出	
W	带节流装置传感器	X	带现场显示智能节流装置	差压范围	0: 微差压量程; 1: 低差压量程; 2: 中差压量程; 3: 高差压量程

## 流量积算控制仪

属于流量测量的二次仪表，可以显示差压、温度、压力、瞬时流量、累积流量等；可以根据被测流体的工况，由仪表面板上的按键依次输入各项常数，置入相应的存储器中，进行开平方计算、温度和压力补偿、累积计算等。累积流量显示范围通常可达8位数，即0~99 999 999；可以输出4~20mA、RS232、RS485等通信信号；也可以实现上、下限报警，由软件设定报警值或人工输入报警值。



## SWP-LE系列流量积算 控制仪表





# 14.7

# 电磁流量计





### 一、电磁式流量计的工作原理

据法拉第电磁感应原理，当**导体**在磁场中作切割磁力线运动时，导体两端会产生感应电动势，感应电动势的大小与导体在磁场中的有效长度及导体在磁场中作垂直于磁场方向运动的速度成正比。

$$E = BDv \times 10^{-4}$$

式中  $E$ ——感应电动势 (V) ;

$B$ ——磁感应强度 (T) ;

$D$ ——管道内径 (m) ;

$v$ ——导电液体的平均流速 (m/s) 。

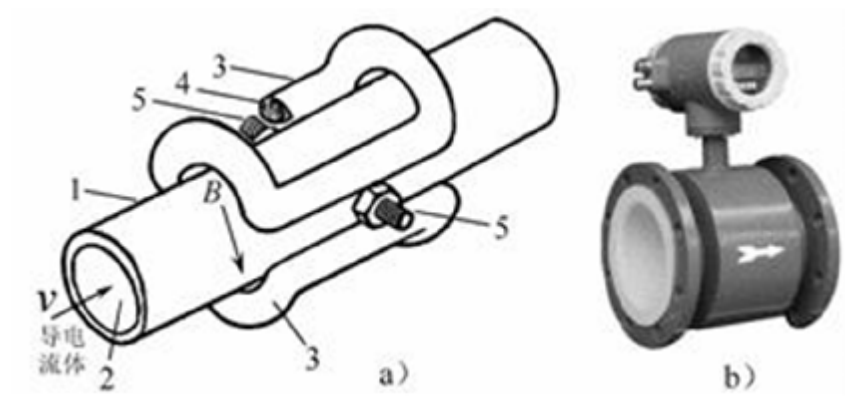
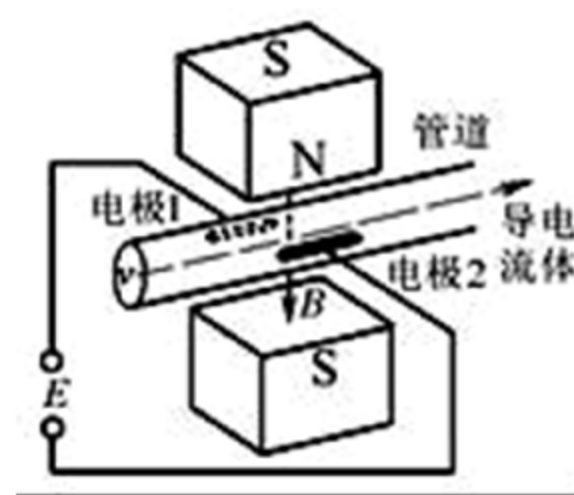
流体的流速  $v$  与管道截面积  $(\pi D^2)/4$  的乘积等于体积流量

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

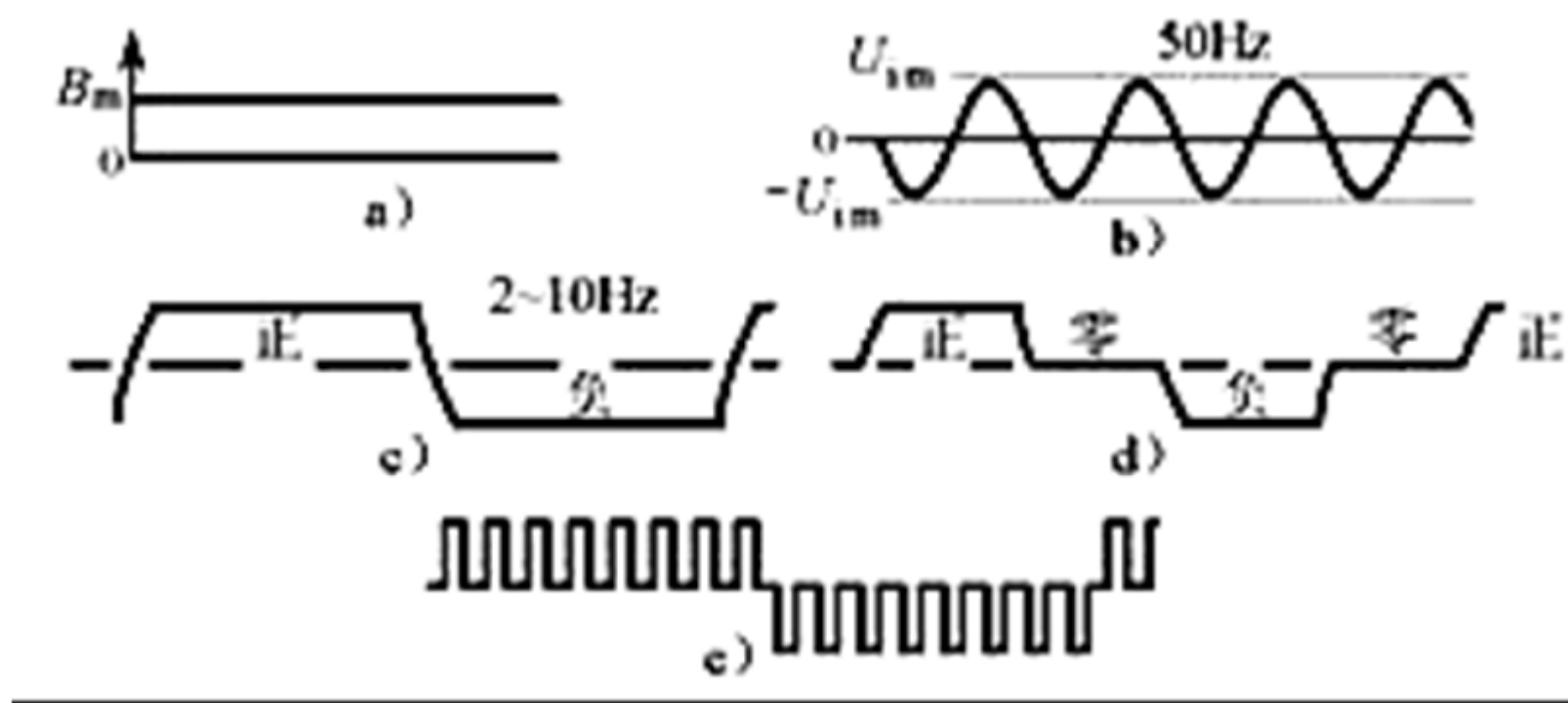
## 电磁式流量计的 工作原理

- a) 内部结构  
b) 电磁流量变送器外形

- 1—管道  
2—绝缘衬里  
3—励磁线圈（上、下对称）  
4—励磁线圈断面  
5—感应电动势输出接线螺栓



## 1. 磁路系统

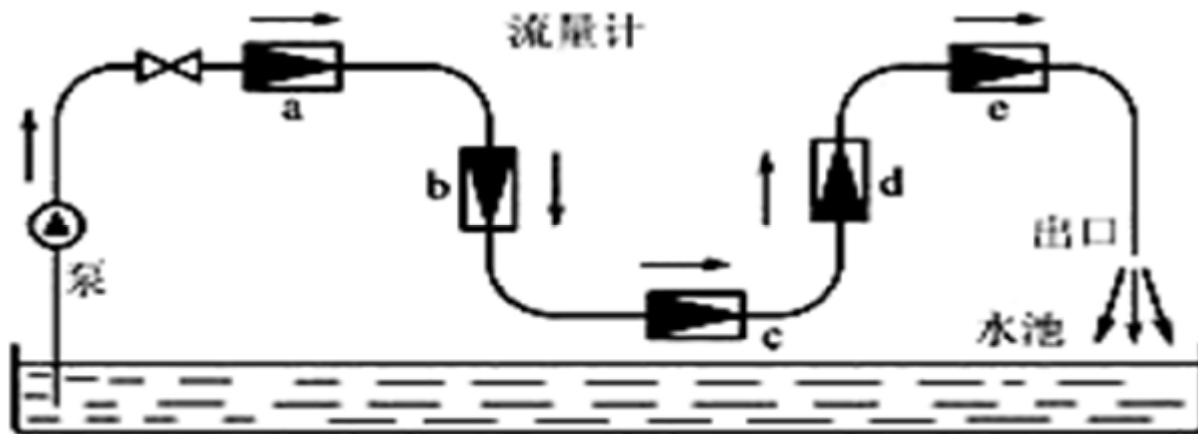


## 电磁式流量计的励磁

- a) 恒定励磁磁场    b) 50Hz工频励磁    c) 低频矩形波励磁 (2值)  
 d) 低频矩形波励磁 (3值)    e) 双频励磁

## 二、电磁式流量计的安装

- 1) 必须满管，流体无旋涡，直管段要求是电磁式流量计前5D和后3D。
- 2) 不能用于负压系统，有可能造成衬里剥离。
- 3) 应远离具有强磁场的设备。
- 4) 测量管应有良好的接地，接地电阻必须小于 $10\Omega$



电磁式流量计安装位置合理性比较    a、b、e—不合理    c、d—合理

## 电磁式流量计的优缺点

优点：

- 1) 能耗低、没有节流部件，不会引起压力损失。
- 2) 可测量腐蚀性介质。
- 3) 不受介质温度、粘度、密度影响。
- 4) 输出值与介质平均流速成正比，与层流或湍流无关。

缺点：

- 1) 不能测气体、蒸汽或含大量气体的液体等介质。
- 2) 不能测电导率低的液体介质，不能测石油制品或有机溶剂等介质。
- 3) 不能用于高温介质（受内衬材料的影响）。
- 4) 容易受到外界电磁干扰。



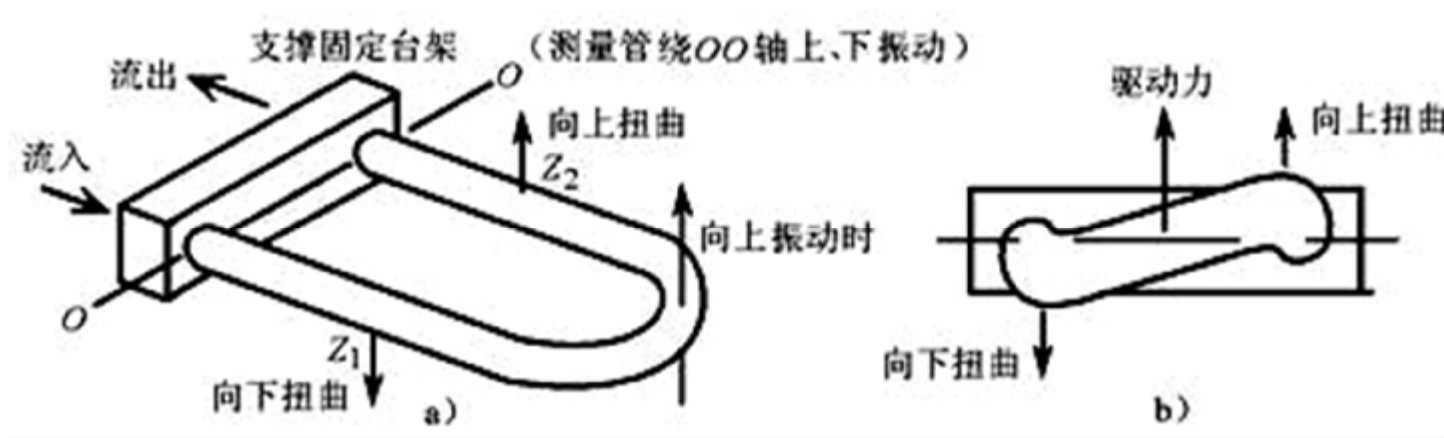
# 14.8

## 科氏质量流量计



## 科里奥利质量式流量计

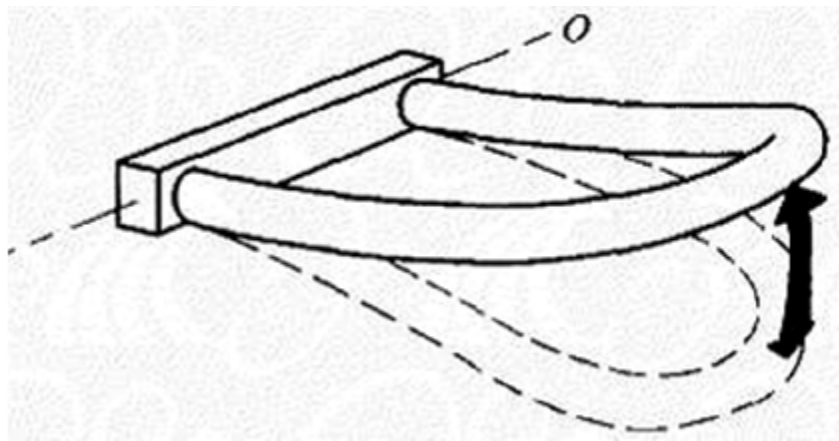
## 一、U形管CMF的结构与工作原理



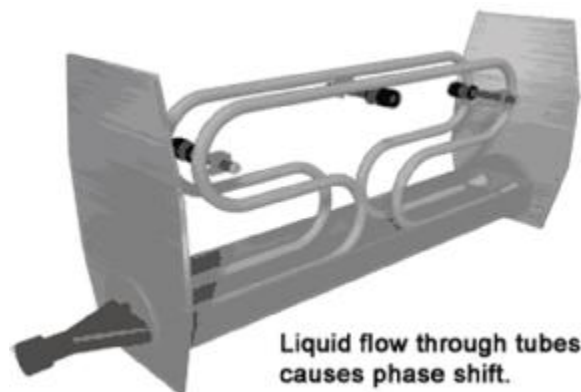
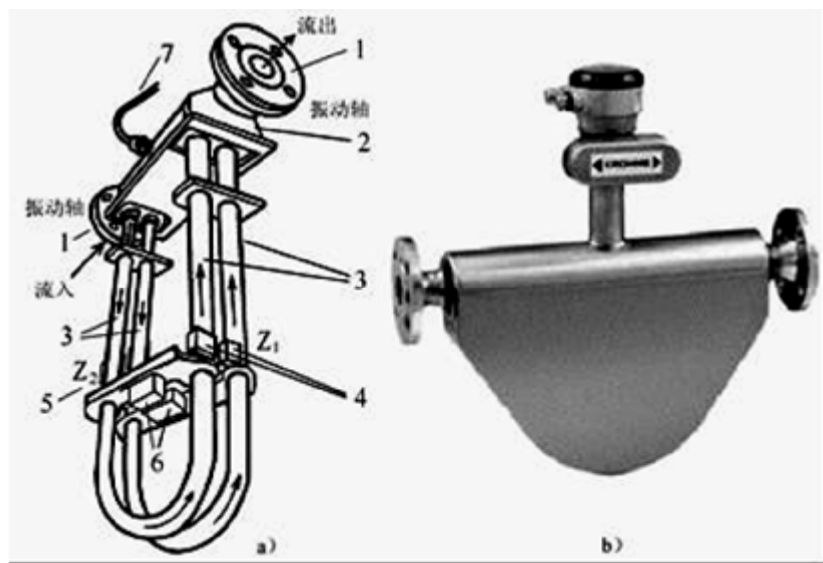


## U形管CMF的结构与工作原理（续）

当流速不为零时，U形管的振动迫使管中的流体在沿管道流动的同时又随管道作垂直运动，此时流体将受到科氏力的作用。由于流体在U形管两侧的流动方向相反，所以作用于U形管进出端的科氏力大小相等、方向相反，使U形管受到一个力矩的作用，绕O-O轴扭转而产生扭转变形。



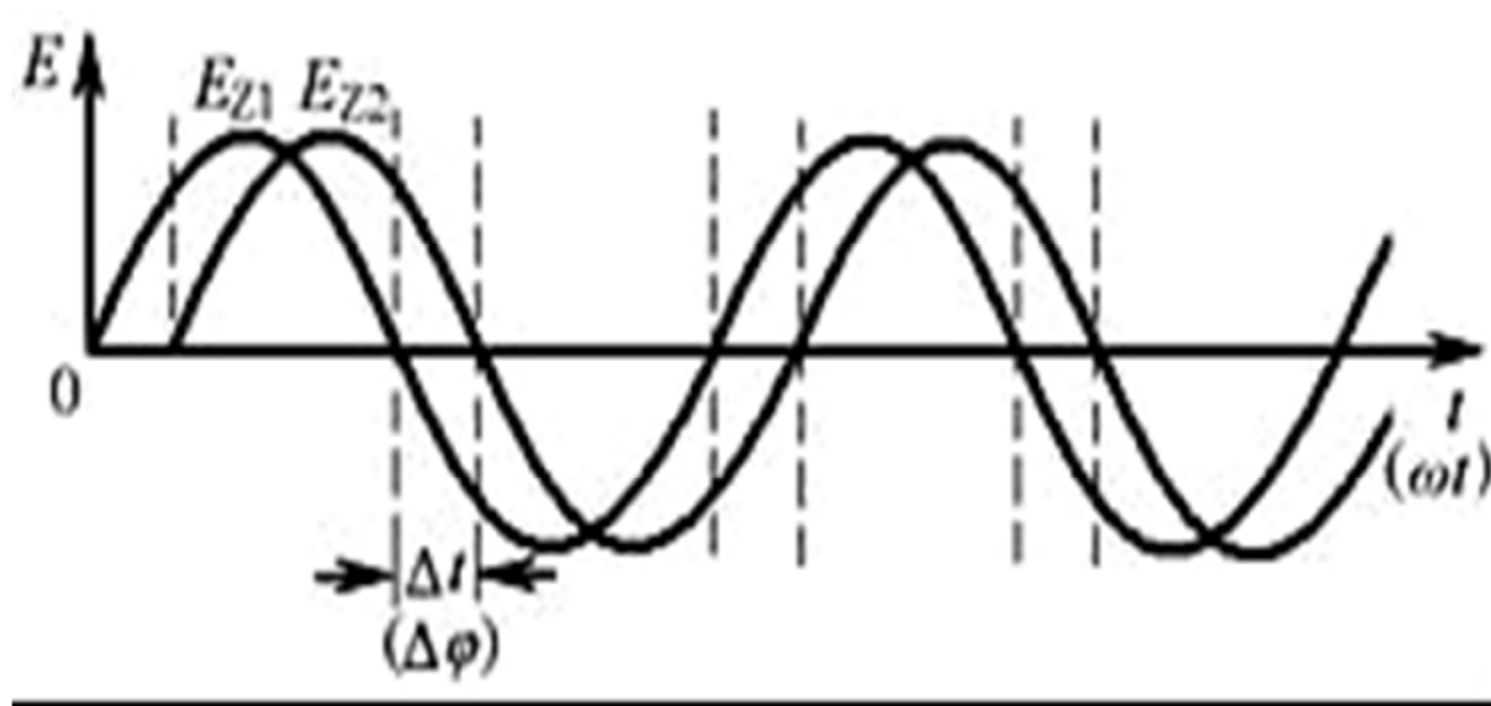
## 垂直安装的双U形管CMF



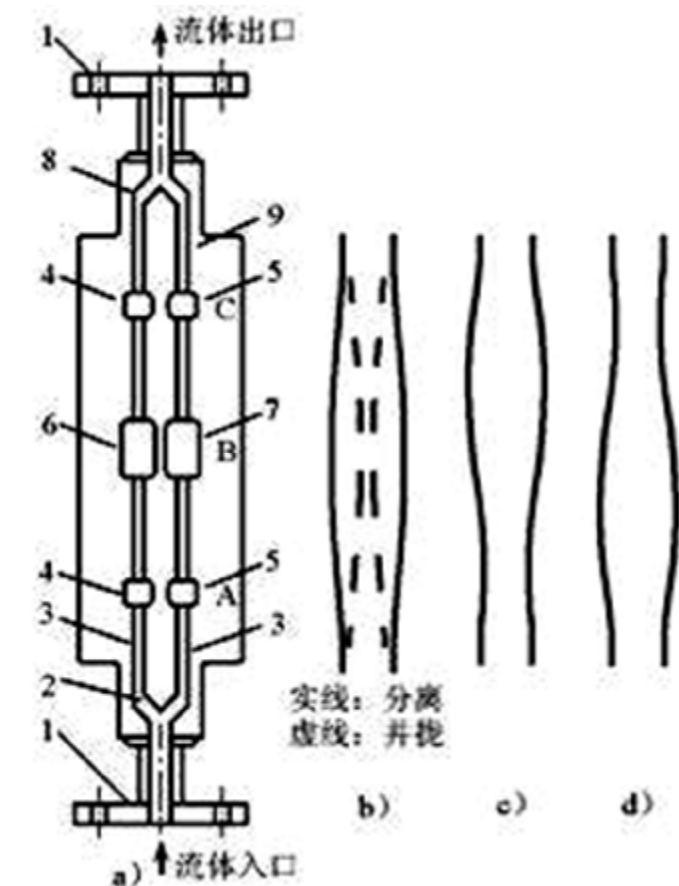
### 垂直安装的双U形管CMF

- 1—法兰 2—支撑管 3—平行测量管  
4—电磁式位移传感器Z1  
5—电磁式相对位移传感器Z2  
6—电磁振动激励器 7—电缆

## U形管CMF两侧电磁感应电动势的时间差及相位差



## 二、双直管CMF的结构及工作原理



### 垂直安装的双直管CMF结构

a) 双直管CMF结构示意图

b) 流体速度等于零时两根测量管的变形

c) 流体速度不等于零、两根测量管分离时的变形

d) 流体速度不等于零、两根测量管并拢时的变形

1—法兰 2—分流器 3—直管 4—红外发光二极管

5—光敏晶体管A、C

6—磁铁 7—励磁线圈

8—集流器 9—外壳

## 双直管CMF的外形



### 三、CMF的应用

#### 1. CMF的安装

##### (1) CMF的安装方向:

- ①当被测流体为气体（仅高密度）时，垂直安装U形管的弯曲部分应向上；
- ②当被测流体为液体时，U形管的弯曲部分应向下；
- ③直管CMF应垂直安装，并使流体自下而上流动。





## CMF的安装（续）

(2) CMF与截止阀的关系：为使调零时流体停止流动，CMF的上、下游应设置截止阀。上游截止阀的距离为 $5D$ ，下游截止阀的距离为 $3D$ 。

(3) 对支撑台架的要求：较小管径的CMF可以直接连接到管道上；大管径的CMF要求设置支撑架。





## 2. CMF的温度、静压力补偿

(1) 温度补偿: CMF振动管的杨氏弹性模量是温度的函数。当温度升高时, 测量管的刚度变小, 造成灵敏度增大, 使流量测量值偏高。通常设置铂热电阻或温度IC, 用于测量管壁的温度, 由微处理器进行温度补偿。

(2) 静压力补偿: CMF测量管的刚度会随着管道内部流体静压力的升高而变大, 测量管被撑直, 弹性变形减小, 使流量测量值偏低。因此在要求高准确度测量时, 必须进行静压力补偿。

### 3. CMF的零点调整

测量管的几何结构及材质不均衡、安装应力变化等因素容易引起CMF的零点漂移。在流速较低时，零点漂移所占比例变大，且无法补偿。

在实际应用中，需要定期关闭测量管进口的截止阀，在静压不变且流量等于零时进行零点调整。

对于智能变送器，可以在流量等于零时，长按调零键15s，微处理器就能自动扣除零点漂移。





14

END



# THANKS



## 《传感器技术》

主讲人：李刚