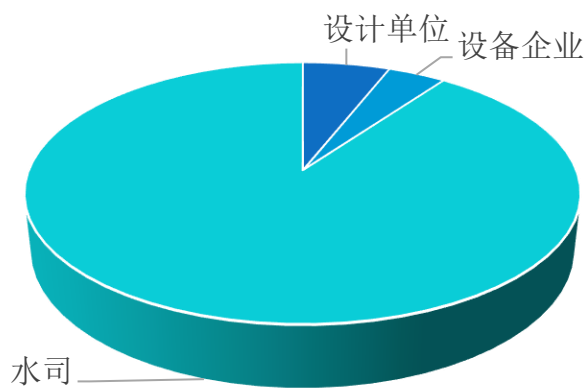


给水排水 2021水表和阀门研修班PPT

2021水表和阀门研修班人员结构（300人）



给水排水

2021会议活动预告



会议活动预告详情



《给水排水》官方微信
20万+专业粉丝共同关注

时间	地点	活动内容	人数	联系人
4月8-9日	义乌	2021自来水水表和阀门选型与管理研修班	150	路恒18811581764 杨 曦18410201827 侯培强13810395340
3月26-28日	北京	第十届中国水业院士论坛	1000	夏 韵18611516298
5月12-14日	拟长沙	2021给水大会 (分设3个分论坛) 中国城市智慧水务高峰论坛 给水厂现代化技术改造论坛 二次供水与老旧小区给水系统改造论坛	1500	智慧: 杨 曦18410201827 水厂: 王 祺15600027982 二供: 负金娟 15201348767 备用: 侯培强 13810395340 张 杰18500045167
5月26-28	拟广州	2021水环境大会 (分设2个分论坛) 黑臭水体治理论坛海绵城市与排涝论坛	1000	海绵: 王 祺15600027982 黑臭: 李新鑫 18428387942备用: 侯培强13810395340夏 韵18611516298
6月下旬	待定	2021中国农村污水治理与饮水安全提升高峰论坛 (第五届)	500	李金龙18910635575 侯培强13810395340
7月上旬	待定	建筑给排水专题论坛 (编委、水业杰青、中勘协水系统分会联合活动)	200	杨 曦18410201827 张 杰18500045167
9月上旬	拟重庆	2021中国城市垃圾渗沥液处理论坛 (第八届)	600	王 祺15600027982 张 杰18500045167
9月下旬	上海	污泥处理处置特色案例参观活动——上海站 中国城市环境卫生协会 污泥专委会 年度活动	100	杨 曦18410201827 张 杰18500045167
10月13-16日	拟武汉	2021排水大会 (污水系统提质增效、污泥处理处置) 中国城市环境卫生协会 污泥专委会 年度活动	1000	污泥: 杨 曦18410201827 污水: 王 祺15600027982 备用: 张 杰18500045167 夏 韵18611516298
11月	拟苏州	2021中国勘察设计协会水系统分会年会	400	杨 曦18410201827 负金娟15201348767
待定		国家污泥处理处置产业技术联盟 年度活动	--	夏 韵18611516298
待定		其他细分专业论坛与活动洽谈	--	张 杰18500045167

给水排水

Water & Wastewater Engineering

水流量计量技术及其应用

浙江省计量科学研究院

赵建亮

0 提纲

一、流量计量的物理原理

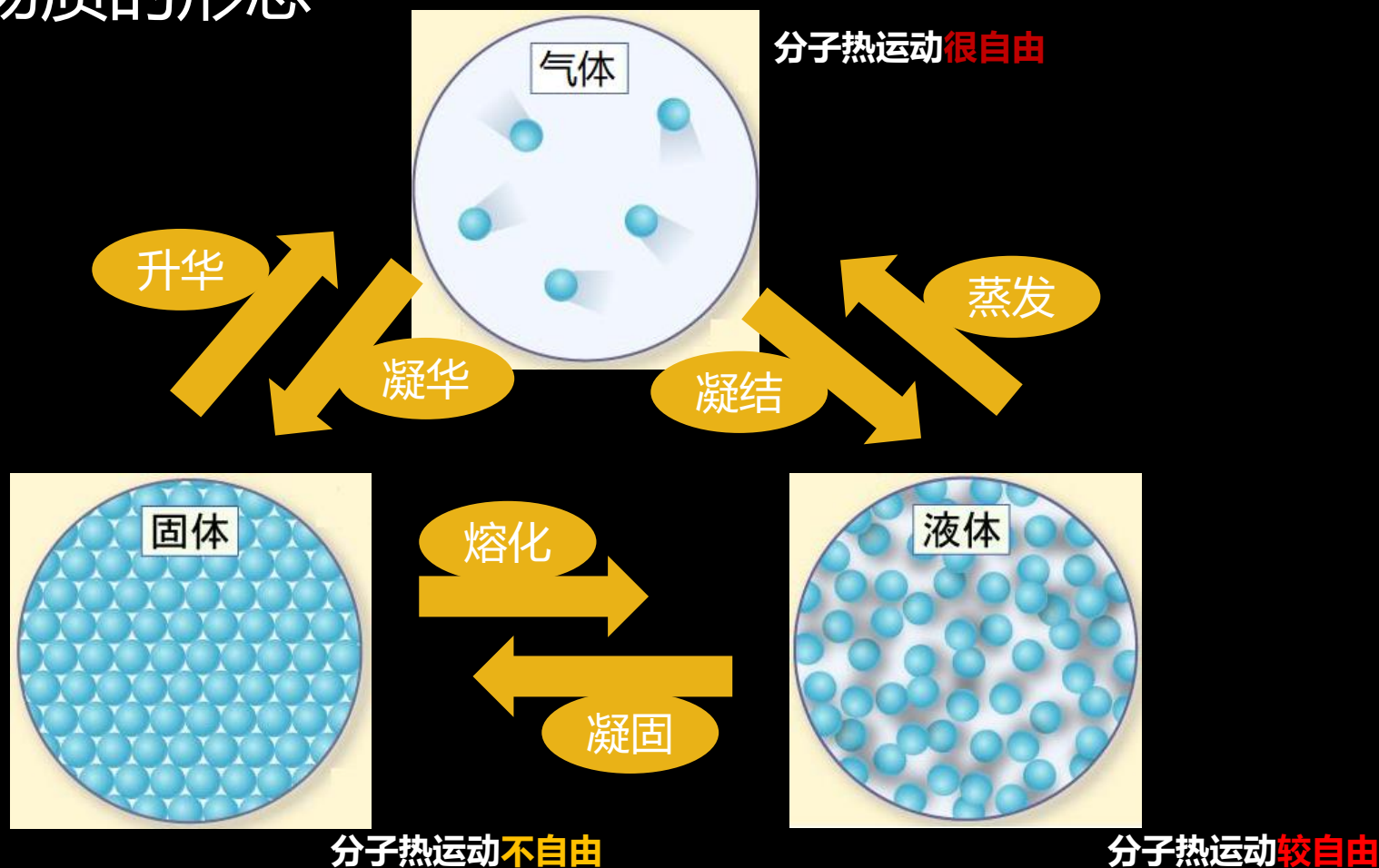
二、水流量测量的方法及其仪表

三、水计量仪表的选型及其应用

四、水计量仪表的法制管理

一、流量计量的物理原理

1.1 物质的形态



一、流量计量的物理原理

1.2 流体

顾名思义：能够流动的物体，特指气体和液体。



气体

具备克服重力束缚的能力



液体

不具备克服重力束缚的能力

一、流量计量的物理原理

1.3 流体的物性参数

序号	物性参数	气体	液体
1	密度	小	大
2	膨胀性（温度影响）	大	小
3	压缩性（压力影响）	大	小
4	流动性	强	弱
5	粘度	小	大

一、流量计量的物理原理

1.4 物质的量

●质量

物质的量的量度，表征物体惯性大小的物理量。

$$F = m \cdot a$$

质量是计量学中7个基本量之一。
国际单位制单位（SI）是千克，符号kg。

●体积

度量物体空间尺度的物理量。

体积是几何学术语

国际单位制单位（SI）是立方米，符号m³。

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$\rho = f(p, T)$$

一、流量计量的物理原理

1.5 流体量的度量

●静态度量法



质量



体积

静态度量准确度高，但效率低。

一、流量计量的物理原理

1.5 流体量的度量

●动态流体的度量



连续
动态
高效率

一、流量计量的物理原理

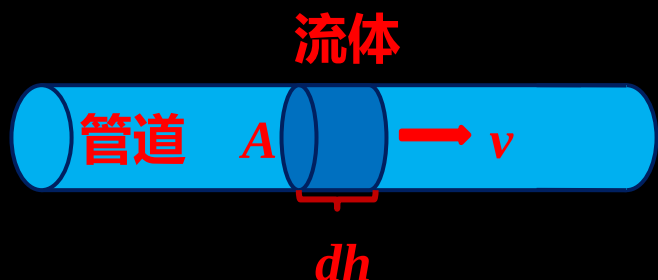
1.5 流体量的度量

●流量：顾名思义，流体量。

定义：单位时间内流过管道截面或明渠断面的流体量，也称瞬时流量（动态量）。

质量流量（ q_m ）、体积流量（ q_v ）。

$$q_m = q_v \cdot \rho$$



$$q_v = \frac{dV}{dt} = \frac{d(A \cdot h)}{dt} = \frac{A \cdot dh}{dt} = A \cdot v(t)$$

A —— 截面或断面的面积（ m^2 ）

$v(t)$ —— 流体平均流动速度（ m/s ）

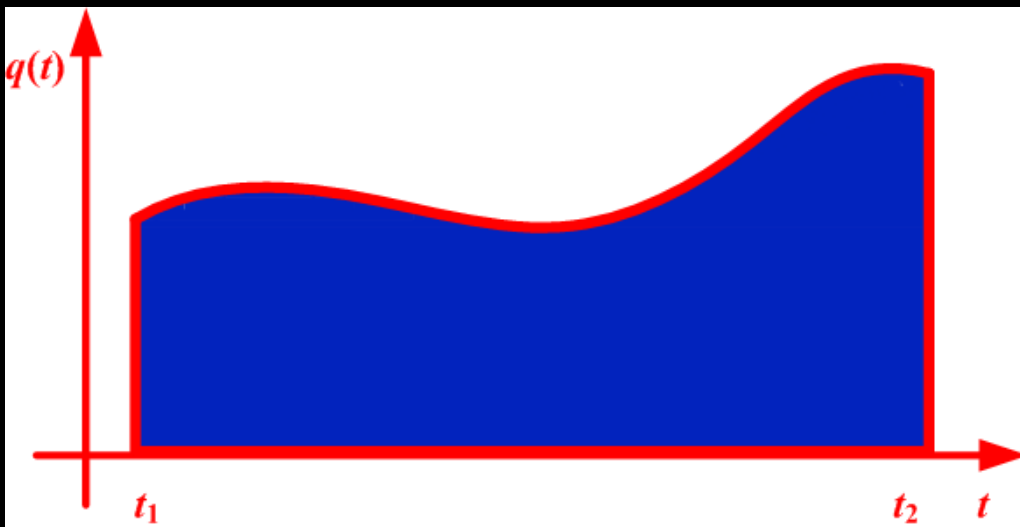
一、流量计量的物理原理

1.5 流体量的度量

● 累积流量（静态量）

质量（ Q_m ）、体积（ Q_v ）。

$$Q_m = Q_v \cdot \rho$$



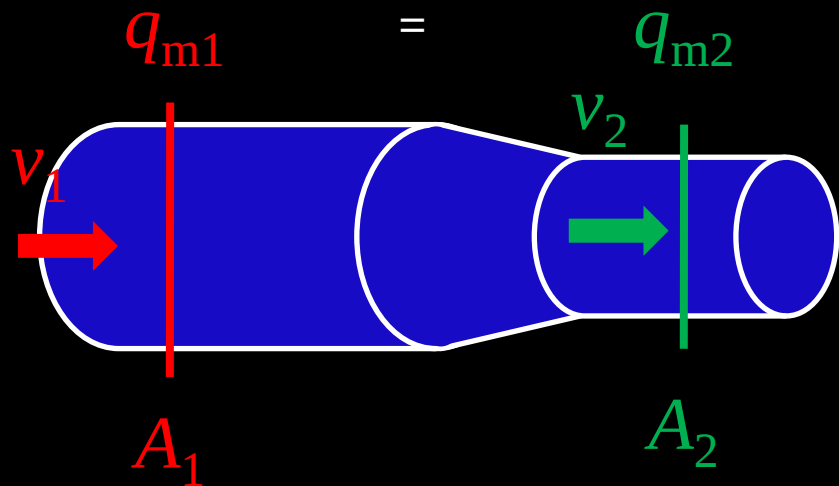
$$Q_v = \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt$$

二、水流量测量的方法和仪表

2.1 两个重要的方程

●连续性方程

质量守恒定律在流体力学中的表述：封闭管道中的任意两个截面，流过第一个截面的流体全部流过第二个截面。



$$A_1 \times v_1 \times \rho_1 = A_2 \times v_2 \times \rho_2$$

当 $\rho_1 = \rho_2$ 时

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

二、水流量测量的方法和仪表

2.1 两个重要的方程

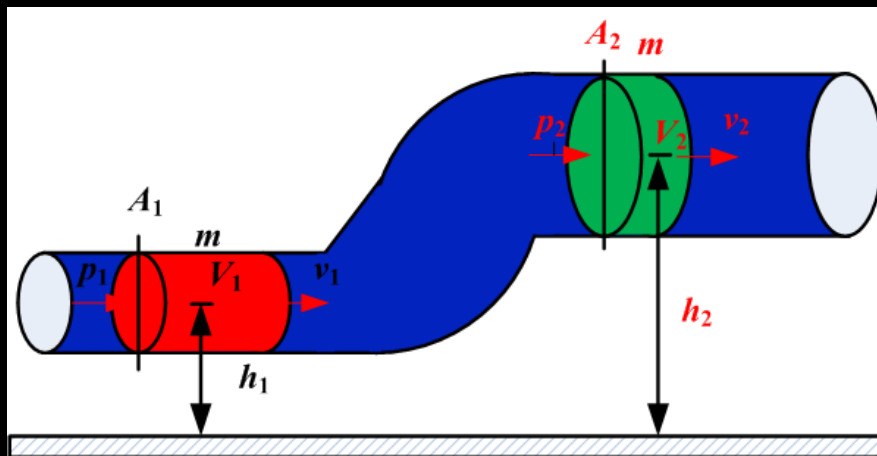
●伯努利方程

能量守恒定律在流体力学中的表述：对于理想流体，压力（势）能、动能和位（势）能三者可以互相转变，且总量不变。

$$p_1 V_1 + \frac{1}{2} m v_1^2 + m g h_1$$

||

$$p_2 V_2 + \frac{1}{2} m v_2^2 + m g h_2$$



$$\frac{p_1}{\rho_1 \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{p_2}{\rho_2 \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

二、水流量测量的方法和仪表

2.2 差压式流量计

$$\frac{p_1}{\rho_1 \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{p_2}{\rho_2 \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho$$

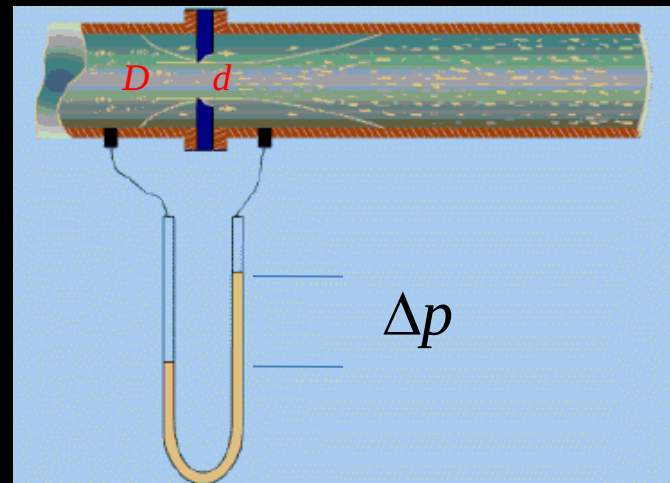
$$h_1 = h_2$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2$$

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

$$q_v = A_2 \cdot v_2 = A_2 \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \left(1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}\right)}} \cong \frac{C \cdot \varepsilon}{\sqrt{1 - \beta^4}} \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}}$$

$$\beta = \frac{d}{D} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$



孔板流量计

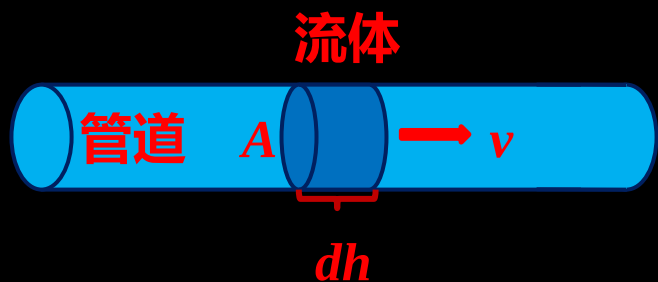
$$\Delta p = p_1 - p_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) = \frac{1}{2} \rho \left(1 - \frac{A_2^2}{A_1^2}\right) v_2^2$$

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●基本思想

$$q_v = \frac{dV}{dt} = \frac{d(A \cdot h)}{dt} = \frac{A \cdot dh}{dt} = A \cdot v(t)$$



A —— 截面或断面的面积 (m^2)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$v(t)$ —— 流体平均流动速度 (m/s)

对于已知内直径 d 的管道，只要测出流体的平均流速 v ，即可求得体积流量 q_v 。

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●电磁流量计 和电磁水表

法拉第电磁感应定律：

$$e = B \cdot l \cdot v$$

e ——感应电动势，V

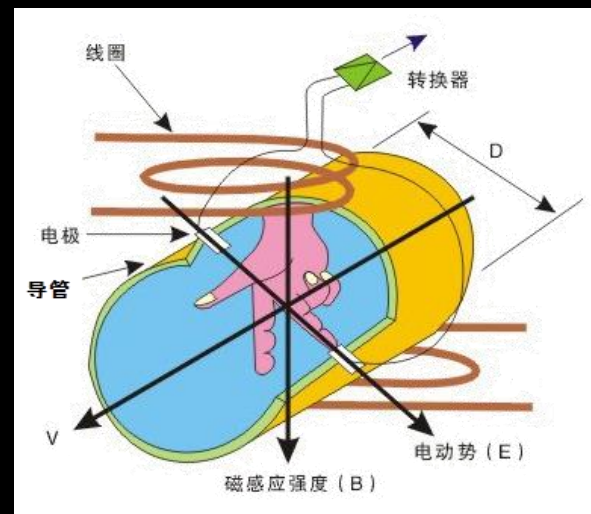
B ——磁感应强度，T

v ——导体运动速度，m/s

$$v = \frac{e}{K \cdot B \cdot d}$$

K ——仪表常数

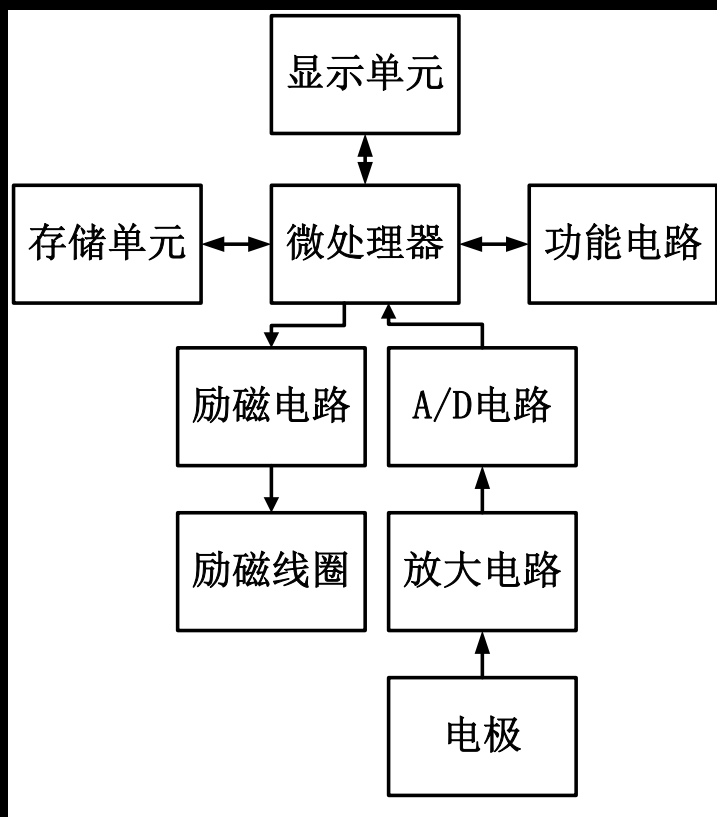
d ——内直径，m



二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●电磁流量计和电磁水表



➤电路处理信号：
微弱的电动势信号（电压）

➤干扰源：

- 流体内部杂散电流
- 管道浮地电压
- 外磁场
- 感应电流、电压
- 电磁波

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●电磁流量计和电磁水表



电磁流量计



电磁水表

技术特征		
测量介质	导电液体	
励磁方式	永磁	×
	直流	×
	交流（方波）	✓
测量参数	面平均流速	
线性度	好	
测量范围	宽	
压力损失	小	
技术难点	低功耗励磁	
	微弱信号放大	

二、水流量测量的方法和仪表

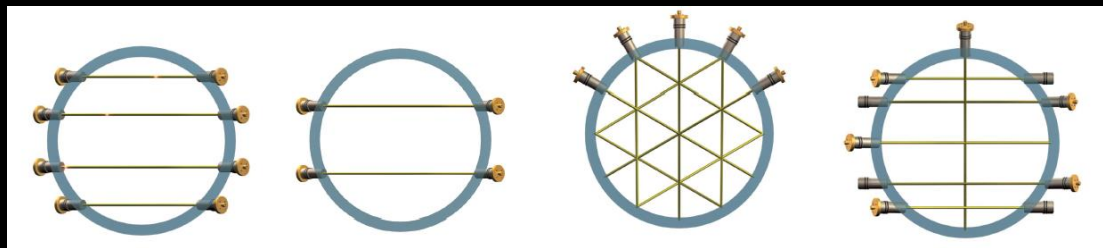
2.3 速度式流量计

●超声波流量计和超声波水表

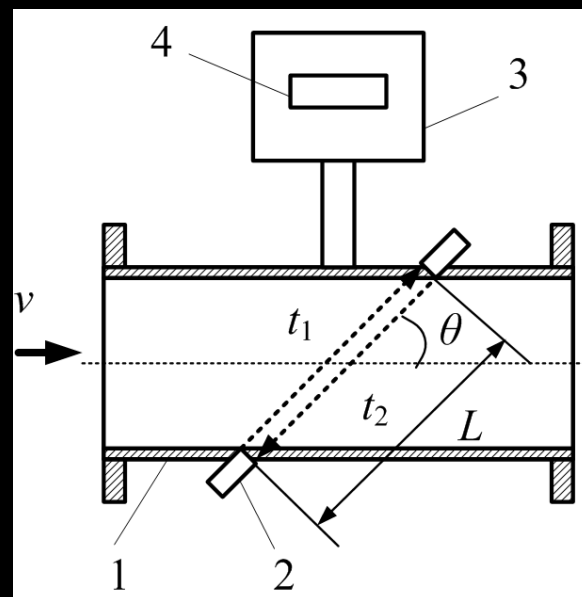
$$t_1 = \frac{L}{c + v \cos \theta}$$

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

$$v = \frac{L(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2 \cos \theta} = \frac{L \cdot \Delta t}{2 \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot \cos \theta}$$



$$\bar{v} = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot v_i)$$

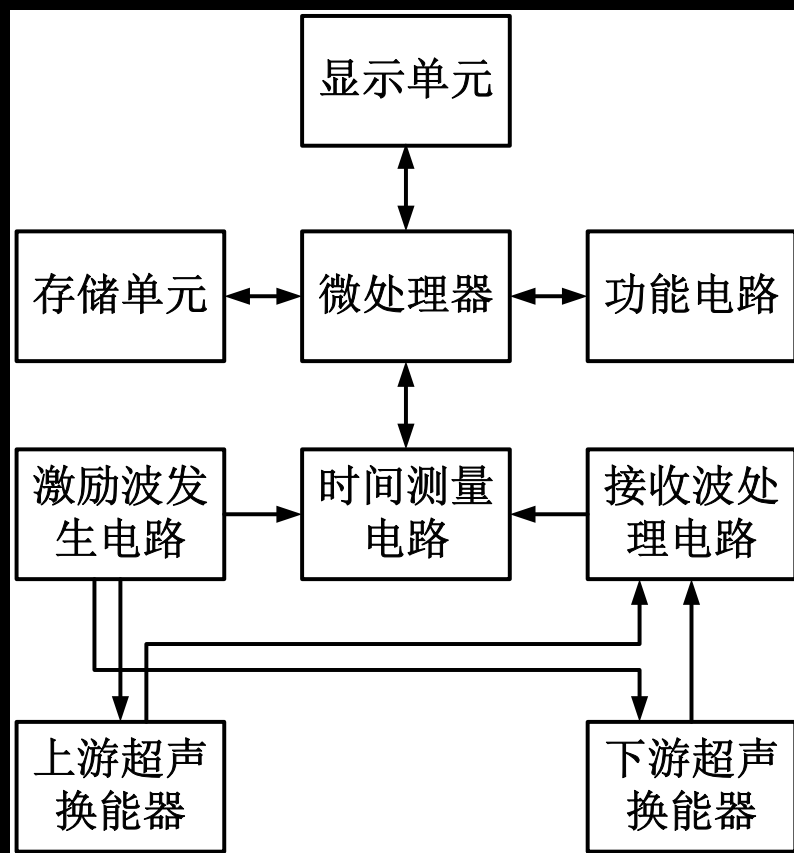


1	测量管	t_1	顺流传播时间
2	超声波换能器	t_2	逆流传播时间
3	测量电路	θ	声道角
4	显示器	L	声道长度
v	流速	c	声速

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●超声波流量计和超声波水表



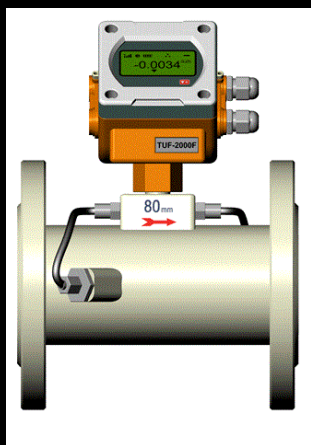
➤电路处理信号：
传播衰减的超声波信号
(电压波)

➤干扰源：
•振动
•流场畸变
•流速瞬变

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

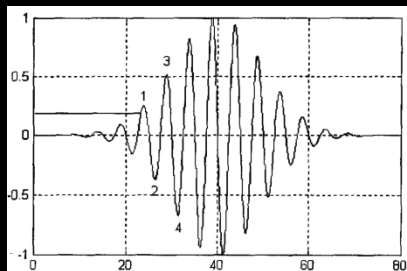
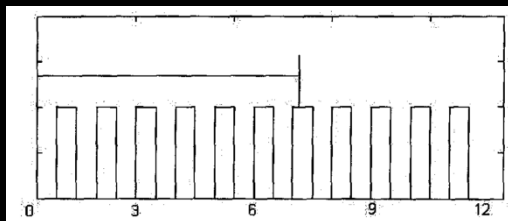
● 超声波流量计 和 超声波水表



超声波流量计



超声波水表



技术特征

测量介质	液体、气体
超声波 (中心) 频率	液体 高 (1MHz)
	气体 低 (200kHz)
测量参数	线 平均流速
线性度	近似线性
测量范围	宽
压力损失	小
技术难点	时间测量
	换能器性能

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

● 涡轮流量计 和 叶轮式水表

运动方程：

$$J \frac{d\omega}{dt} = T_r - T_{rm} - T_{rf} - T_{re}$$

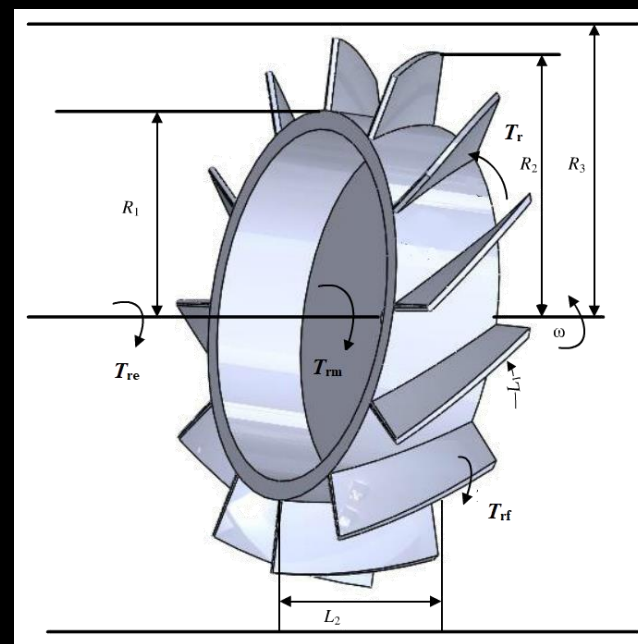
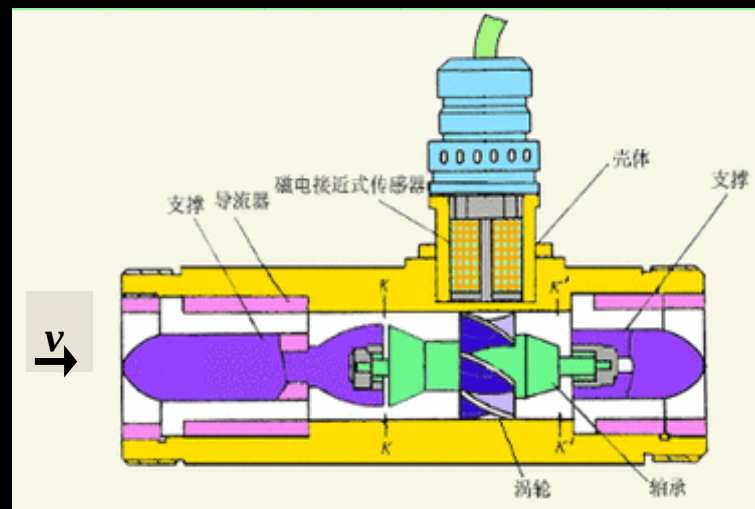
J ——叶轮转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

T_r ——**流体驱动力矩**, $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

T_{rm} ——**摩擦阻力矩**, $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

T_{rf} ——**流体阻力矩**, $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

T_{re} ——**传动阻力矩**, $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$



二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

● 涡轮流量计和叶轮式水表

切向流速:

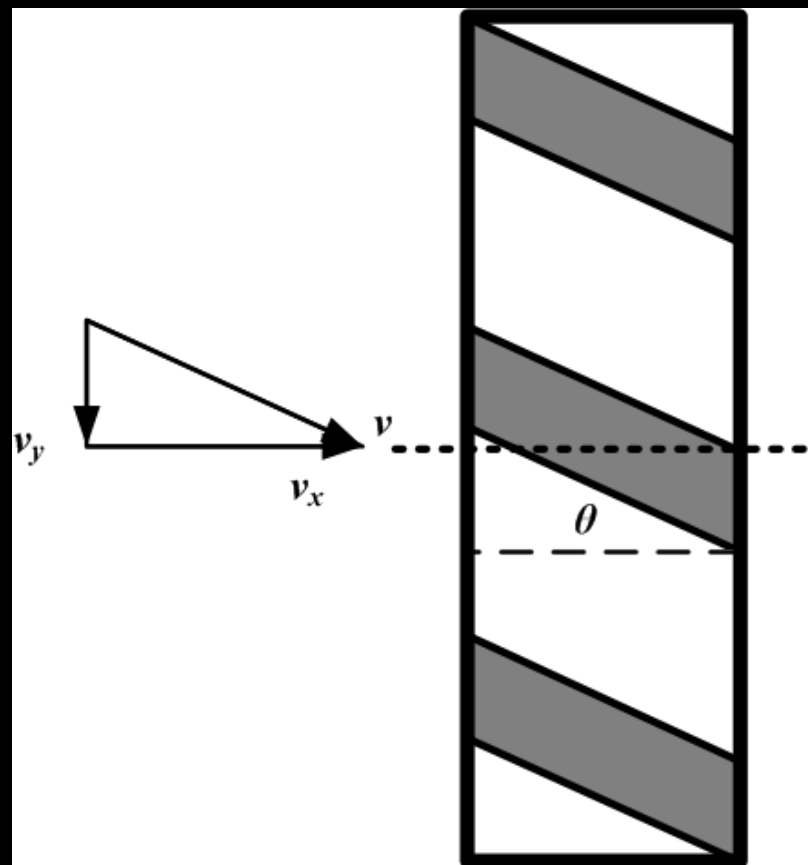
$$v_y = \bar{r} \cdot \omega$$

$\bar{r}$ ——等效半径
 ω ——角速度

径向流速:

$$\operatorname{tg}(\theta) = \frac{v_y}{v_x}$$

$$v_x = \frac{v_x}{\operatorname{tg}(\theta)} = \frac{\bar{r} \cdot \omega}{\operatorname{tg}(\theta)} = \frac{2\pi \cdot \bar{r} \cdot n}{\operatorname{tg}(\theta)}$$



n ——涡轮转速,
1/s

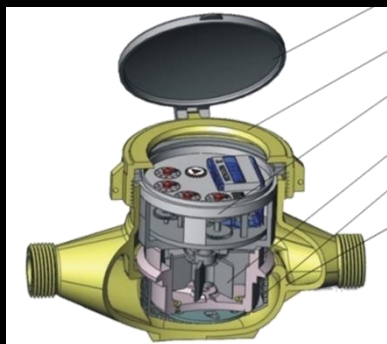
二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

● 涡轮流量计 和 叶轮式水表



径向



切向

技术特征

测量介质

液体、气体

叶轮旋转

径向 水平螺翼式

切向 旋翼式、垂直螺翼式

测量参数

面平均流速

线性度

较好

测量范围

取决于结构

压力损失

较大

始动流量

存在

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●机械式水表



旋翼式多
流束
水表



旋翼式单
流束
水表



水平
螺翼式水
表



垂直
螺翼式水
表



涡轮
式水
表

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●带电子装置的机械式水表（智能水表）



IC卡预付
费水表



光电/电阻编码
直读远传水表



无磁传感
远传水表

M-Bus

RS485



NB-IoT™ LoRa™

二、水流量测量的方法和仪表

2.3 速度式流量计

●插入式流量计

➤与管道式流量计相比：

——测量范围低

——准确度水平低

➤优点：

——安装方便

➤适用场合：

——流量监测

——分区计量 (DMA)

插入式电磁流量计



插入式超声流量计



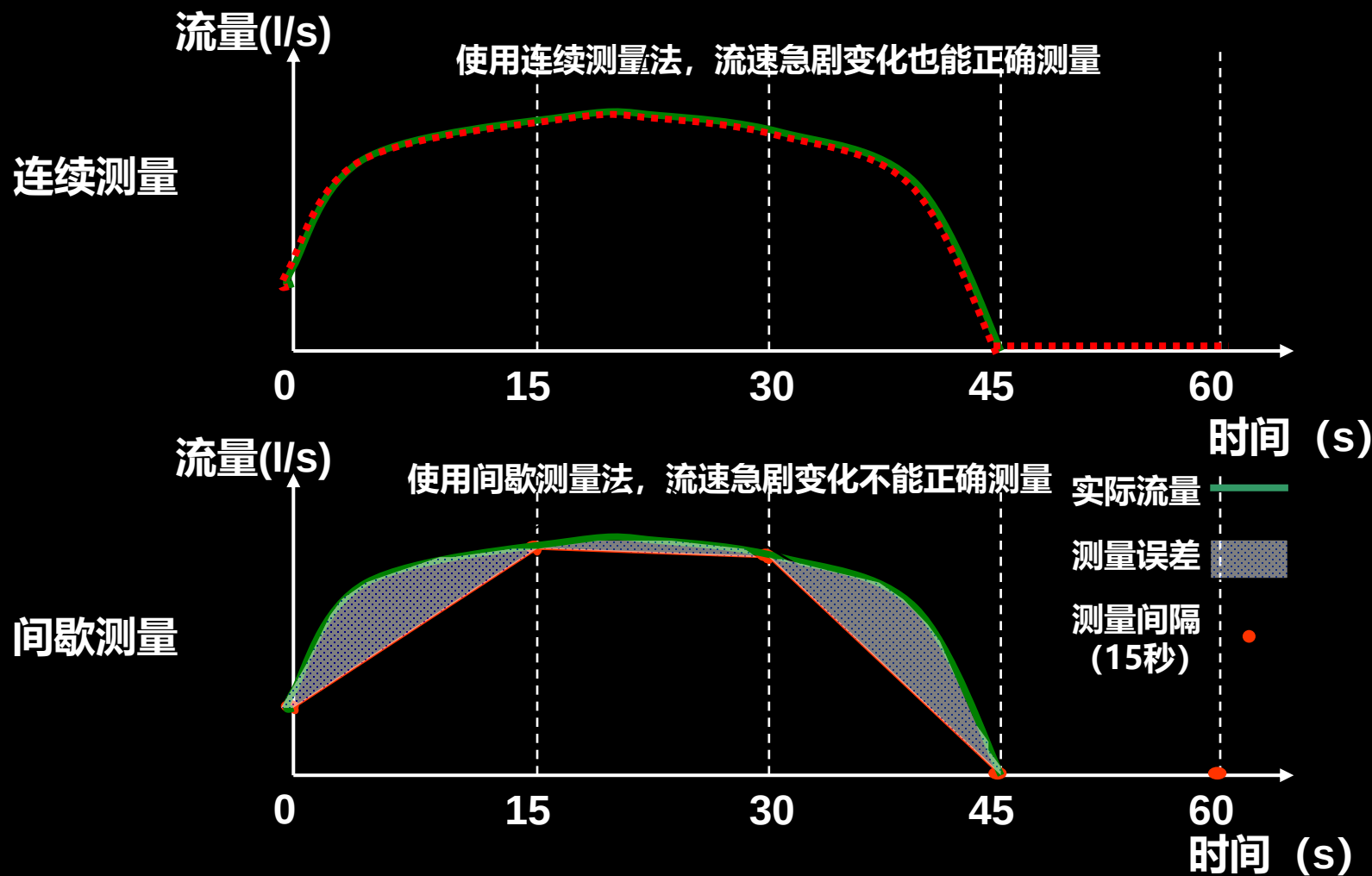
二、水流量测量的方法和仪表

2.4 流量计和水表比较

项目	测量范围	准确度等级	供电	测量模式	水质
电磁流量计	50:1	优于0.2级	外供	连续	低
电磁水表	800:1	1级、2级	电池	间歇	低
超声流量计	30:1	优于0.2级	外供	连续	低
超声水表	500:1	1级、2级	电池	间歇	低
涡轮流量计	20:1	优于0.5级	电池/外供	连续	高
叶轮水表	250:1	2级	/	连续	高
电子式叶轮水表	400:1	2级	电池	连续	高

二、水流量测量的方法和仪表

2.5 连续测量和间歇测量比较



三、水计量仪表的选型及其应用

3.1 流量仪表准确计量的影响因素

- 内在因素

- 原理和结构

- 技术和性能

**流量计和水表是一种质量水平
与规范使用同等重要的产品！**

- 外在因素

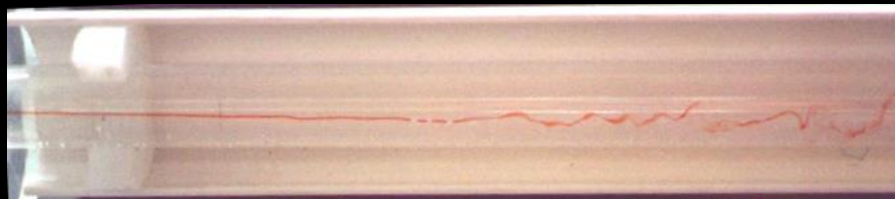
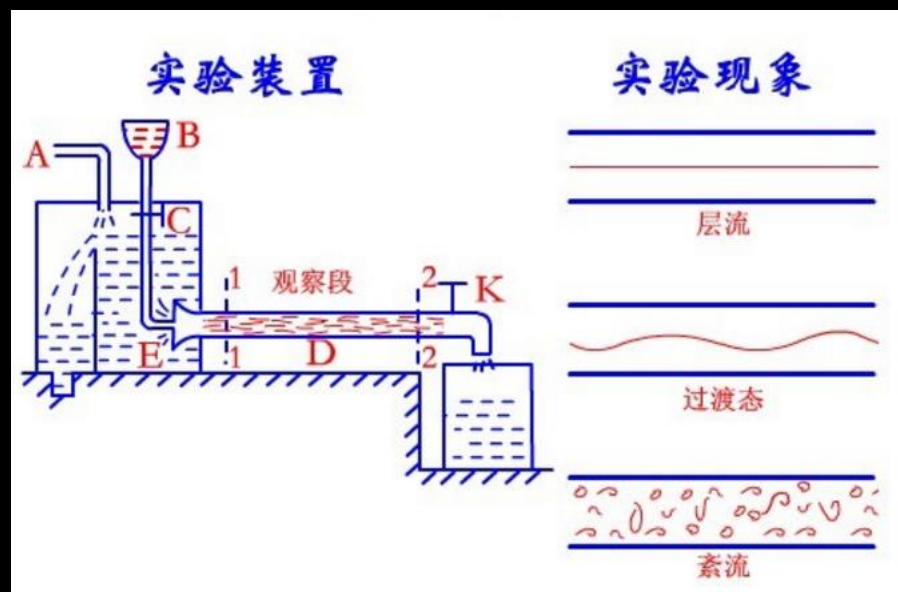
- 水的流动状态

- 环境影响（气候、机械、电磁）

三、水计量仪表的选型及其应用

3.2 宏观流动状态

● 雷诺实验



➤ 层流:

低速时，水的流动是分层的，即保持直线流动。分子间的碰撞很微弱。

➤ 过渡流:

层流向紊流转变的过程，分子间的碰撞很逐渐加强。

➤ 紊（湍）流:

达到一定流速时，水的流动的紊乱的，即在总体向前流动的前提下会朝各个方向流动。分子间的碰撞很强烈。

三、流量测量的流场影响

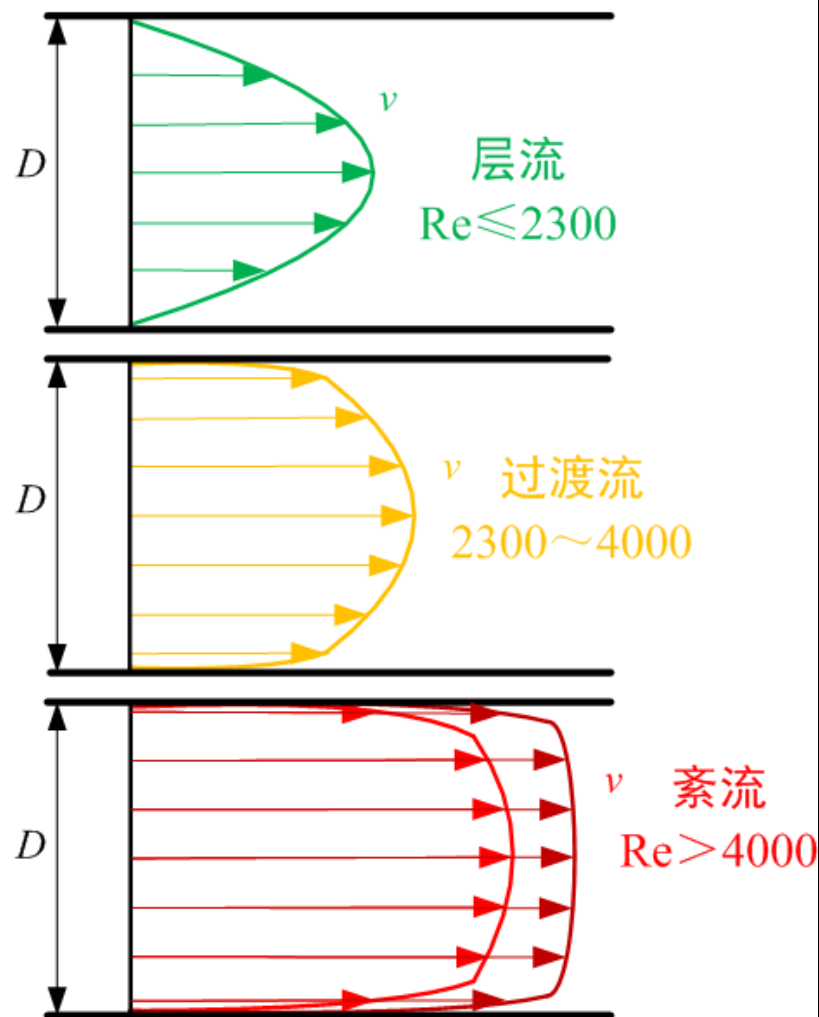
3.2 宏观流动状态

● 雷诺数

流体惯性力与粘滞力之比

$$Re = \frac{\bar{v}D}{\nu} = \frac{\rho\bar{v}D}{\eta}$$

Re —— 雷诺数
 $\bar{v}$ —— 平均流速
 D —— 管道直径
 ν —— 动力粘度
 ρ —— 密度
 η —— 运动粘度



三、流量测量的流场影响

3.3 微观流动状态

●流体受力

——惯性力（体积力、质量力）

$$\vec{F} = m \bullet \vec{a}$$

——表面力

(1) 压力（强） (2) 剪应力 (3) 粘滞（性）力

$$p = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy}$$

三、水计量仪表的选型及其应用

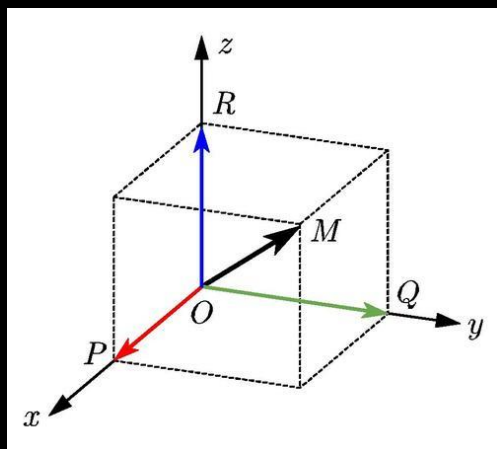
3.3 微观流动状态

●运动分解

柯西—亥姆霍兹定理

流场中任意一微团的流体复杂运动可分解为：

平动 + 转动 + 变形



压缩或拉伸

三、水计量仪表的选型及其应用

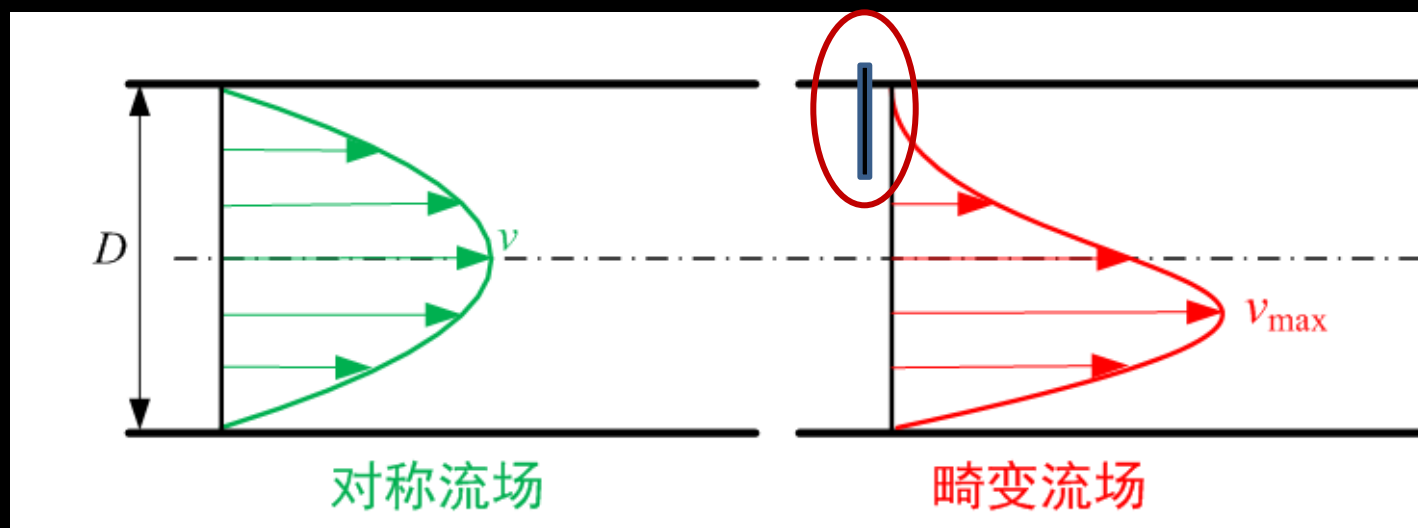
3.4 理想流场和畸变流场

●理想流场

流速分布沿流动轴线对称分布的流场。

●畸变流场

流速分布沿流动轴线非对称分布的流场。

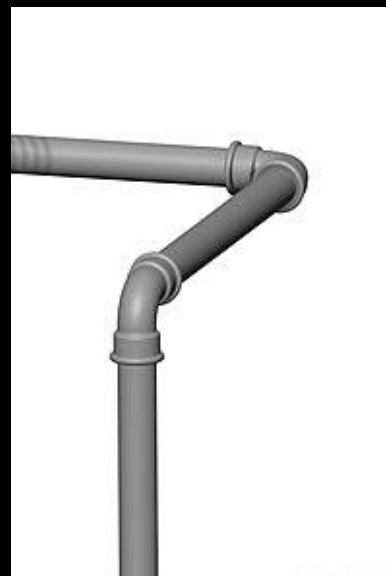


三、水计量仪表的选型及其应用

3.5 畸变流场的表现形式

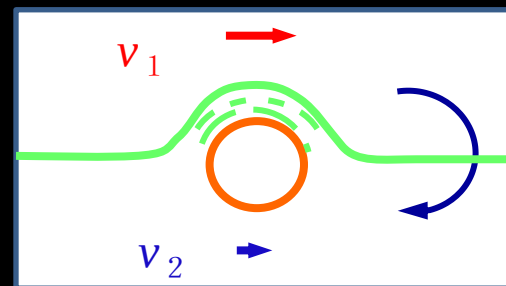
●漩涡

直角弯头下游，尤其是两个不同平面
直角弯头下游。左旋、右旋。



●速度分布畸变

突入的管道接头或未全开闸阀的下游。



●脉动流

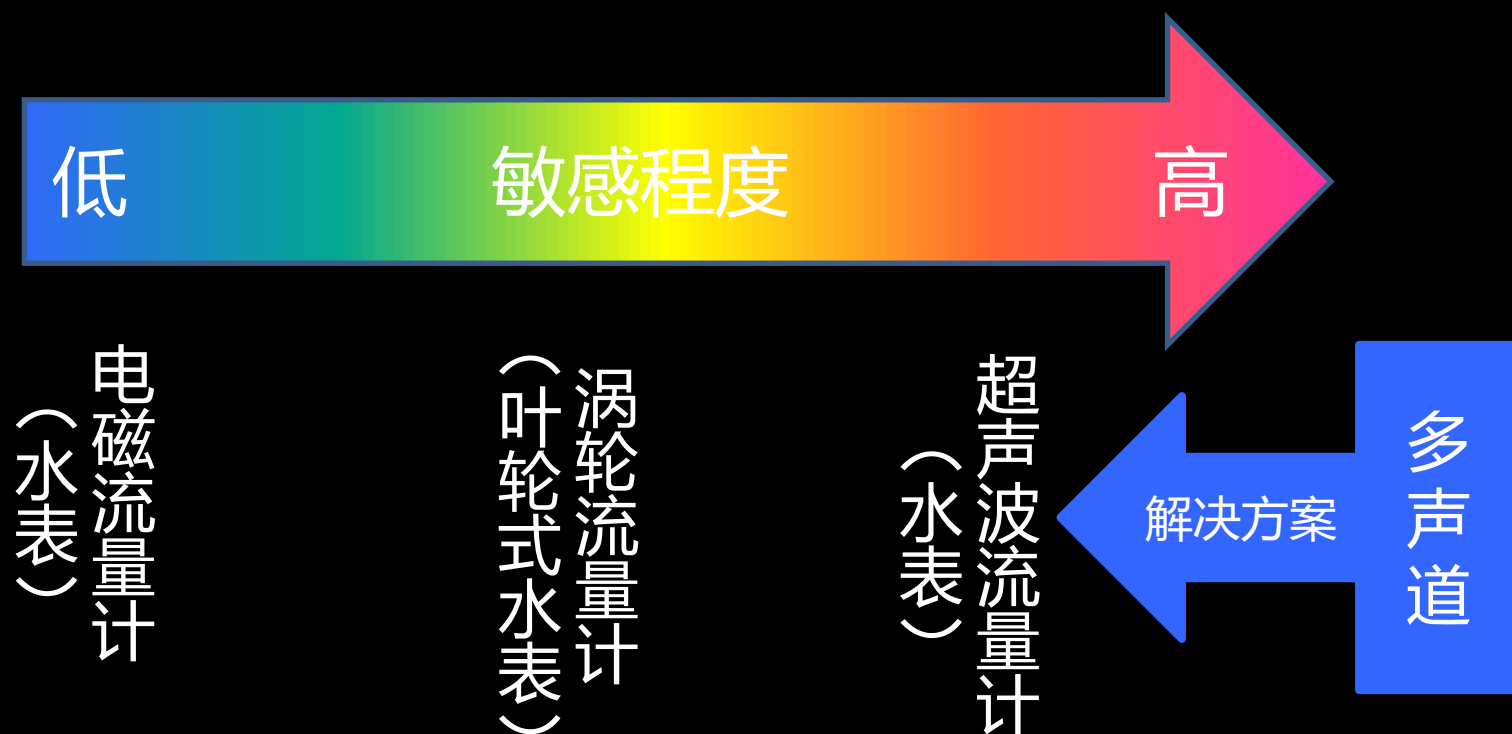
通常出现在泵的出口。



三、水计量仪表的选型及其应用

3.6 畸变流场的影响

●测量困难

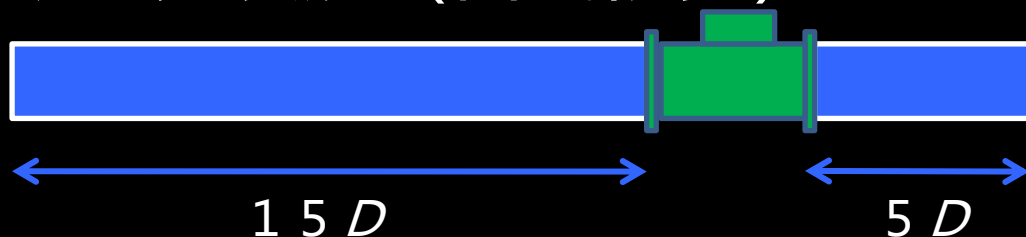


三、水计量仪表的选型及其应用

3.7 流场调整

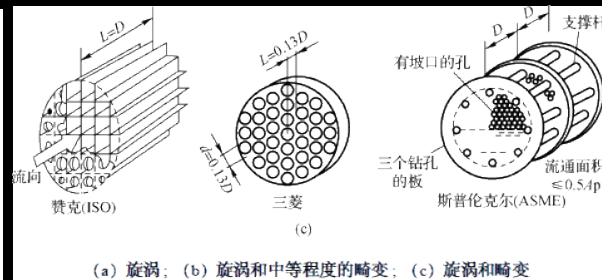
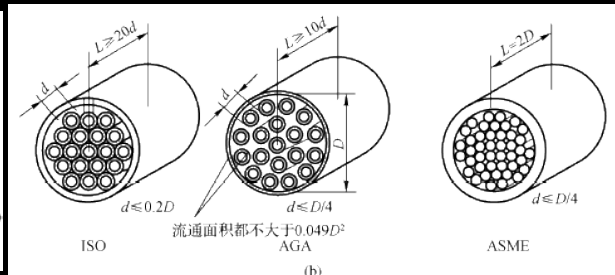
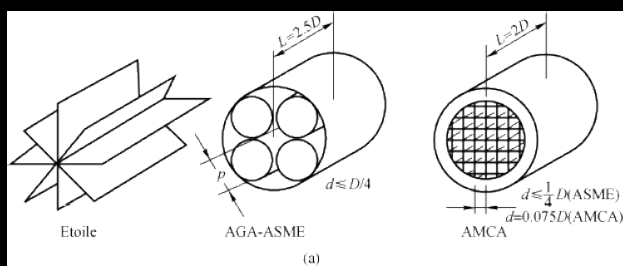
●长直管

流场充分发展（自我恢复）。



●整流器

强制改变流场形态（增加压力损失）。

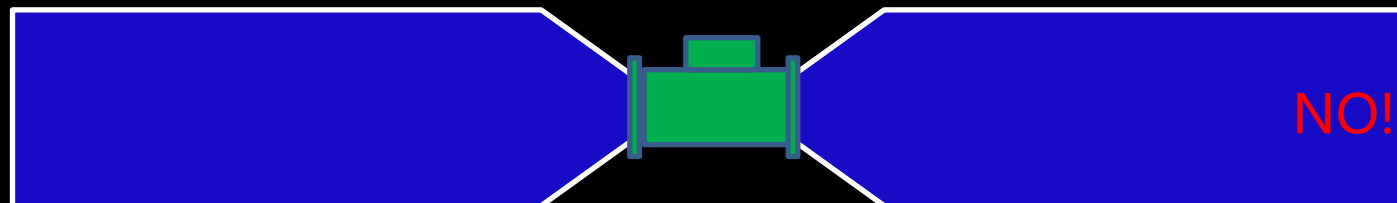
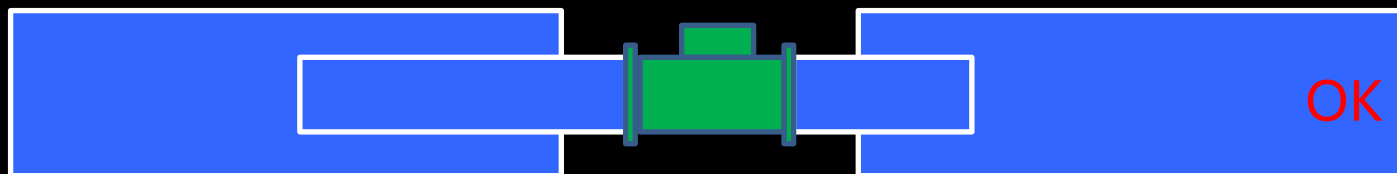
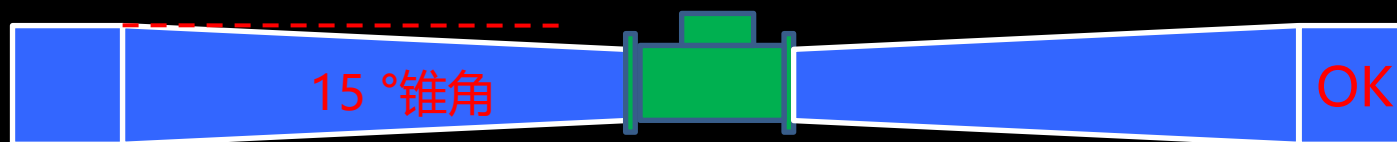
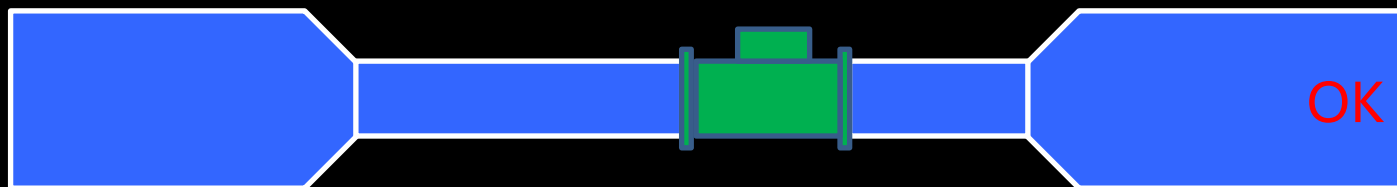


(a) 旋涡; (b) 旋涡和中等程度的畸变; (c) 旋涡和畸变

三、水计量仪表的选型及其应用

3.8 流场调整

●变径管



三、水计量仪表的选型及其应用

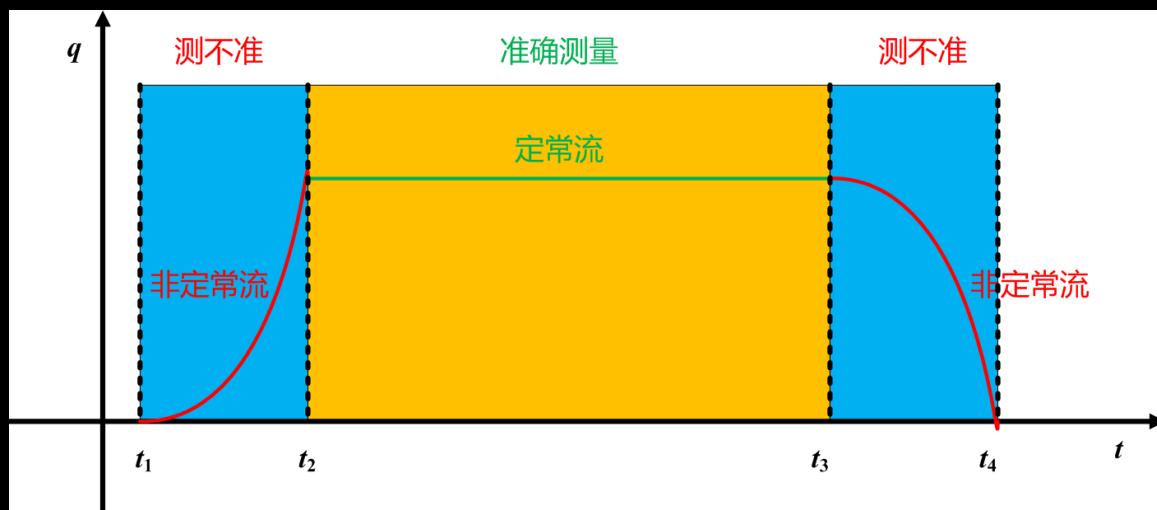
3.9 定常流

●定义

流场中任一点的流动参数不随时间变化的流动。

(温度、压力、密度、流速等)

定常流是测量、检定、校准、测试的理想条件。

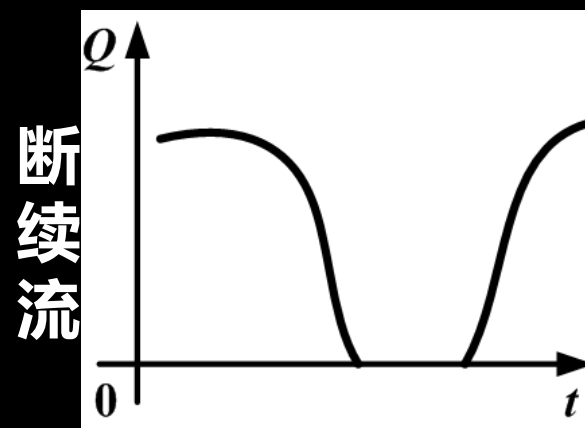
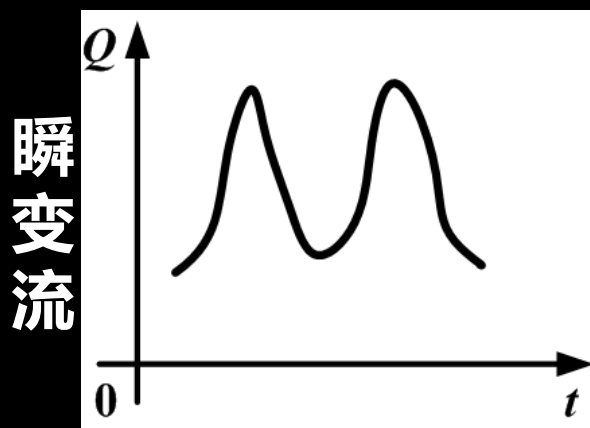
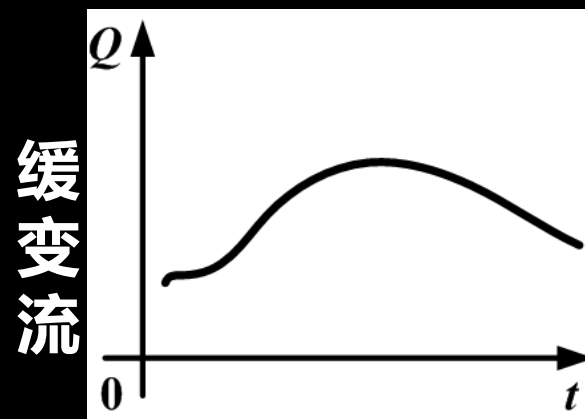
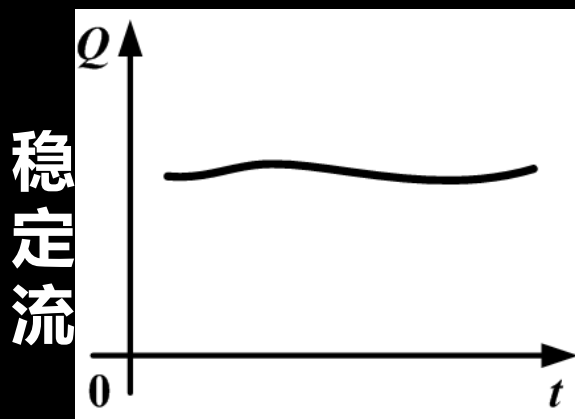


实验室条件
与实际工况
的差异。

三、水计量仪表的选型及其应用

3.10 实际工况流量

●四种典型形态



三、水计量仪表的选型及其应用

3.10 实际工况流量

●工况适应性

工况 流量	叶轮式 水表	超声水表		电磁水表	
		高频度测量	低频度测量	高频度测量	低频度测量
稳定流	√	√	√	√	√
缓变流	√	√	○	√	○
瞬变流	√	○	×	√	×
断续流	√	○	×	√	×

三、水计量仪表的选型及其应用

3.10 实际工况流量

●使用中水表的允许误差

➤一般为实验室条件下最大允许误差（MPE）的2倍

➤影响因素

- ✓安装——偏离制造商要求
- ✓流场——漩涡、畸变、脉动
- ✓工况——不稳定流
- ✓水质——颗粒、空气
- ✓环境——电、磁、振动
- ✓退化——磨损、腐蚀、老化

四、水计量仪表的法制管理

4.1 法制管理的形式

●型式批准制度：针对制造商

●强制检定制度：针对使用者

●非强制检定：
使用者自行管理

标 题：市场监管总局关于调整实施强制管理的计量器具目录的公告

索 引 号：

主题分类：公示公告

文 号：2020年第42号

所属机构：计量司

成文日期：2020年10月26日

发布日期：2020年10月26日

市场监管总局关于调整 实施强制管理的计量器具目录的公告

为持续优化营商环境，深入落实“放管服”改革举措，市场监管总局决定调整实施强制管理的计量器具目录。现将调整后的《实施强制管理的计量器具目录》（以下简称《目录》）予以公布。

10	(14)	水表	水表 DN15~DN50	型式批准 强制检定	工业用：周期 检定 生活用：首次 强制检定，限 期使用，到期 轮换	用于贸易结算：用 水量的测量
11	(15)	燃气表	燃气表 G1.6~G16	型式批准 强制检定	工业用：周期 检定 生活用：首次 强制检定，限 期使用，到期 轮换	用于贸易结算：煤 气（天然气）用量 的测量
12	(16)	热能表	热能表 DN15~DN50	型式批准 强制检定	周期检定	用于贸易结算：用 热量的测量
13	(17)	流量计	流量计 （口径范围 DN300 及 以下）	型式批准 强制检定	周期检定	用于贸易结算：液 体、气体、蒸汽流 量的测量

四、水计量仪表的法制管理

4.2型式批准制度的法律渊源

- 《计量法》第十三条

制造计量器具的企业、事业单位生产本单位未生产过的**计量器具新产品**，必须经**省级以上人民政府计量行政部门**对其样品的计量性能**考核合格**，方可投入生产。



2020F035-33

China Pattern Approval



中华人民共和国

计量器具型式批准证书

四、水计量仪表的法制管理

4.3 强制检定制度的法律渊源

● 《计量法》第九条

县级以上人民政府计量行政部门对社会公用计量标准器具，部门和企业、事业单位使用的最高计量标准器具，以及用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测方面的列入强制检定目录的工作计量器具，实行强制检定。未按照规定申请检定或者检定不合格的，不得使用。实行强制检定的工作计量器具的目录和管理办法，由国务院制定。对前款规定以外的其他计量标准器具和工作计量器具，使用单位应当自行定期检定或者送其他计量检定机构检定。

四、水计量仪表的法制管理

4.4 强制检定的实施

- 检定依据：《计量法》第十条

计量检定必须按照国家计量检定系统表进行。国家计量检定系统表由国务院计量行政部门制定。 **计量检定**必须执行**计量检定规程**。

计量检定规程包括：

- 国家计量检定规程
- 部门计量检定规程
- 地方计量检定规程

四、水计量仪表的法制管理

4.4 强制检定的实施

- 实施流程

- 《计量法实施细则》

- 《强制检定的工作计量器具
检定管理办法》

- 《计量检定印、证管理
办法》



四、水计量仪表的法制管理

4.5 计量检定

● 定义

查明和确认测量仪器（计量器具）符合法定要求的活动，包括：检查、加标记和（或）出具检定证书。

● 属性

——法制管理

● 依据

——计量检定规程

● 本质

——验证（Verification）：查验并证实结果与预期之间的一致性。（非计量专有）

四、水计量仪表的法制管理

4.5 计量检定规程

序号	计量器具名称	检定规程代号	检定规程名称	适用对像
1	饮用冷水水表	JJG 162-2019	饮用冷水水表 检定规程	机械原理水表 电磁水表 超声水表
2	电磁流量计	JJG 1033- 2007	电磁流量计检 定规程	管道式电磁流 量计
3	超声流量计	JJG 1030- 2007	超声流量计检 定规程	管道式超声流 量计

四、水计量仪表的法制管理

4.5 检定原理

●误差的定义

——误差=测得值-参考量值

——测得值：计量器具(水表、流量计)的指示值

——参考量值：计量标准器具的指示值

●计量标准器具要求

——计量标准器具的准确度水平（最大允许误差、准确度等级、不确定度）至少要高于被检计量器具准确度水平的3倍。

四、水计量仪表的法制管理

4.5 检定方法

●比较测量法



容积法水表检定装置



质量法水表自动检定装置

连续性方程

四、水计量仪表的法制管理

4.5 检定方法

●比较测量法



容积法水流量标准装置



质量法水流量标准装置

连续性方程

四、水计量仪表的法制管理

4.6 量值传递（溯源）体系

计量单位制统一

量值准确可靠



小结

1. 物理原理揭示了流量测量的本质是一种物质的量的动态度量方法。
2. 流速测量法是水流量测量领域应用最广泛的方法。
3. 水计量仪表的应用中质量水平与规范使用同等重要。
4. 计量法制管理是保证计量准确与贸易公平的重要措施。



感谢聆听!

赵建亮

18857146188

zhaojl6188@foxmail.com

