

# 压力检测复习总结

- ◆ 了解压力的基本概念，如压力单位、压力表示方法、压力检测分类等；
- ◆ 了解液柱式压力计的测压原理、优缺点；
- ◆ 了解弹性式压力检测的原理、电容式压力传感器的工作原理、力平衡式压力变送器的工作原理；
- ◆ 掌握弹簧管测压原理、弹簧管压力表工作原理、霍尔压力传感器工作原理；
- ◆ 了解电气式压力检测原理，压电式压力传感器不能用于稳压测量；
- ◆ 掌握压力仪表选用原则，能够进行压力计算

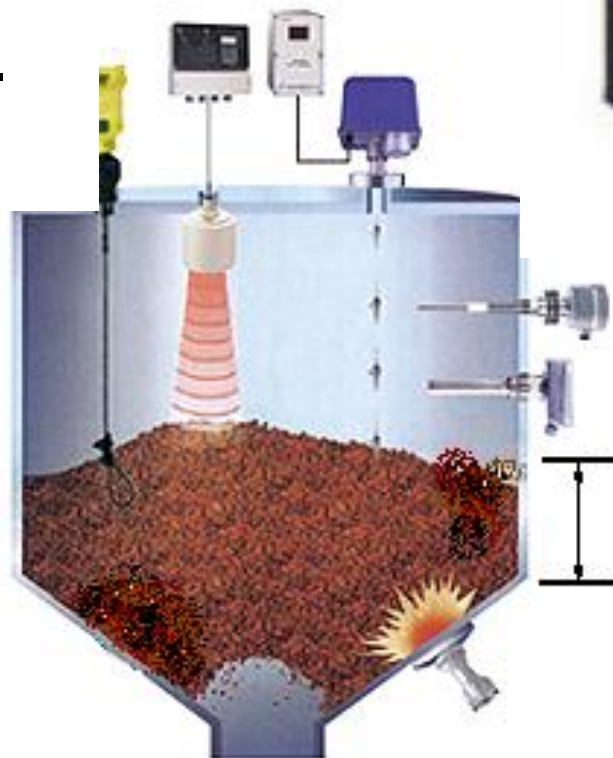
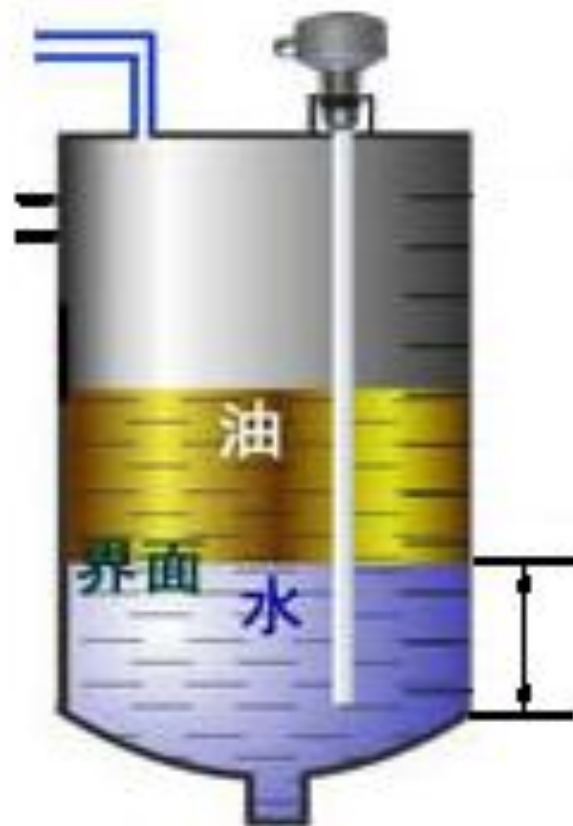
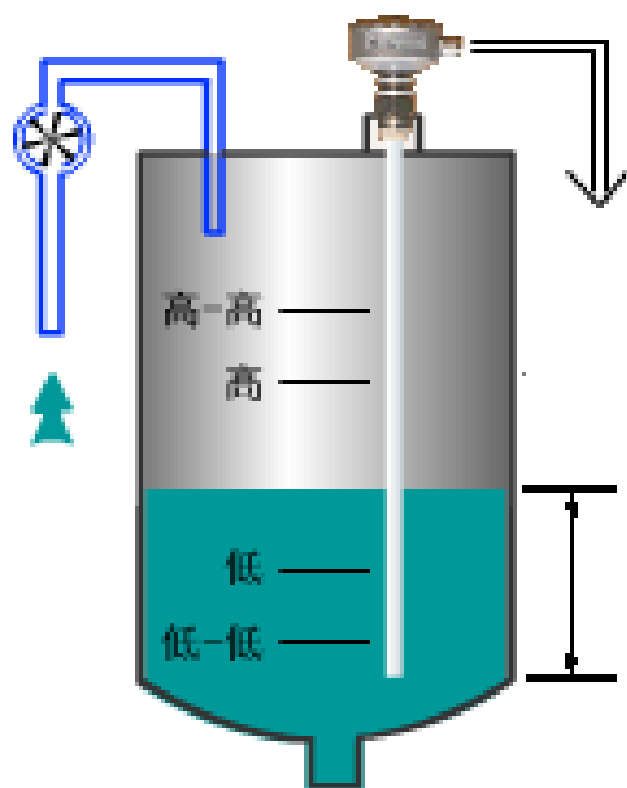
## 3.4 物位检测仪表

### 3.4.1 概述

➤ 物位测量的范围：是液位、料位、界位的总称。

- ◆ 容器（开口或密封）中液体介质液面的高低——液位；
- ◆ 两种液体介质的分界面的高低——界位；
- ◆ 固体块、散粒状物质的堆积高度——料位；

物位检测在现代工业生产过程中具有重要地位。



## 检测原理:

①**基于力学原理**: 敏感元件所收到的力（压力）的大小与物位成正比，它包括静压式、浮力式和重锤式物位检测等。

②**基于相对变化原理**: 当物位变化时，物位与容器等部或顶部的距离发生改变，通过测量距离的相对变化可获得物位的信息。它包括声学法、微波法和光学法等。

③**基于某强度性物理量随物位的升高而增加的原理**: 如对射线的吸收强度、电容器的电容量等。

物位测量的主要方法和分类

基于力学原理	静压式 (液位)	连通器式
		差压式
		压力式
	浮力 (液位)	
	重锤式 (粉末)	
基于相对变化原理	声学式	超声波物位计
	微波式	
	激光式	
基于某强度性物理量随物位升高而增加的原理	核辐射式	
	电气式	电阻式
		电感式
		电容式

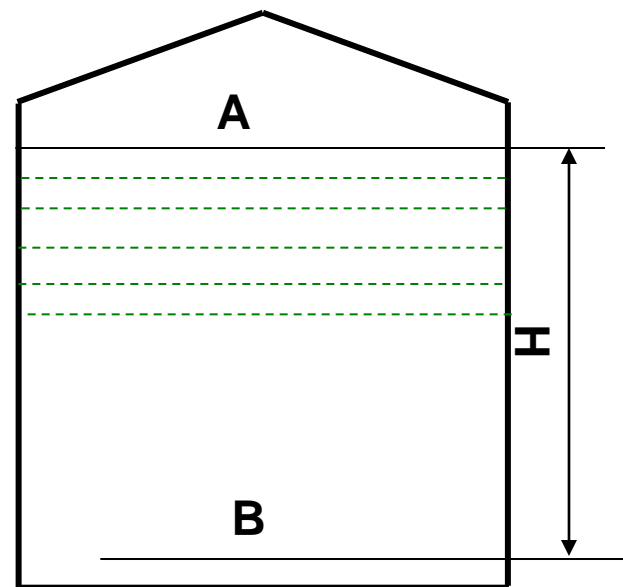
## 3.4.2 静压式液位计

### 3.4.2.1 检测原理

$$\Delta p = p_B - p_A = H\rho g$$

当被测对象为敞口容器，则

$$p = p_B - p_0 = H\rho g$$

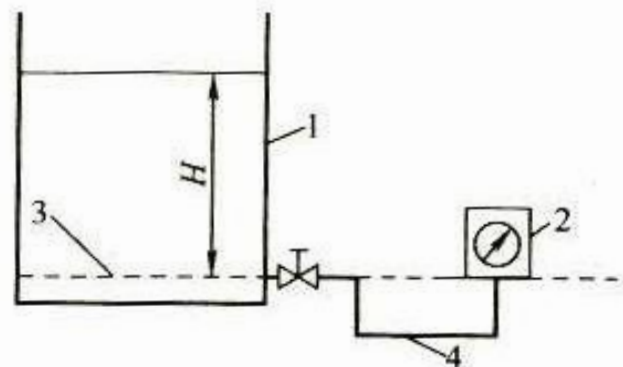


### 3.4.2.2 实现方法

压力指示值与液位高度有关，也要求液体密度为定值。

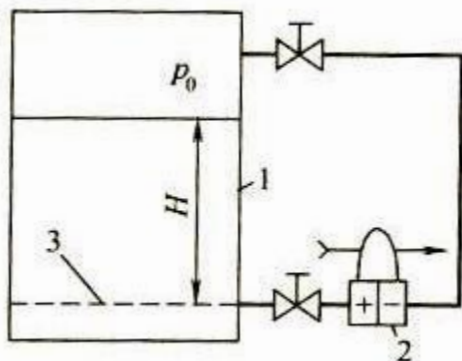
如果当压力仪表与取压点（零液位）不在同一水平位置时，应对其位置高度差而引起的固定压力进行修正。

在密闭容器中，容器下部的液体压力除与液位高度有关外，还与液面上部的介质压力有关。可用差压检测法来获得液位。

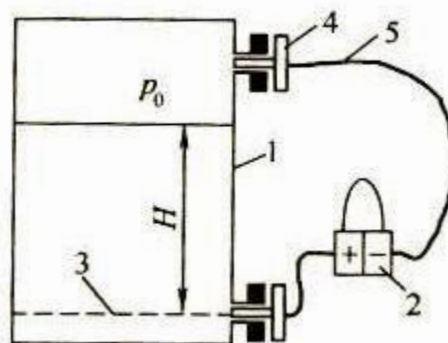


压力式液位计

差压检测法的差压指示值除了与液位高度有关外，还与液位密度和差压仪表的安装位置有关。对安装位置引起的指示偏差可采用“**量程迁移**”来解决。



差压式液位计示意



法兰式液位计示意

### 3.4.2.3 量程迁移

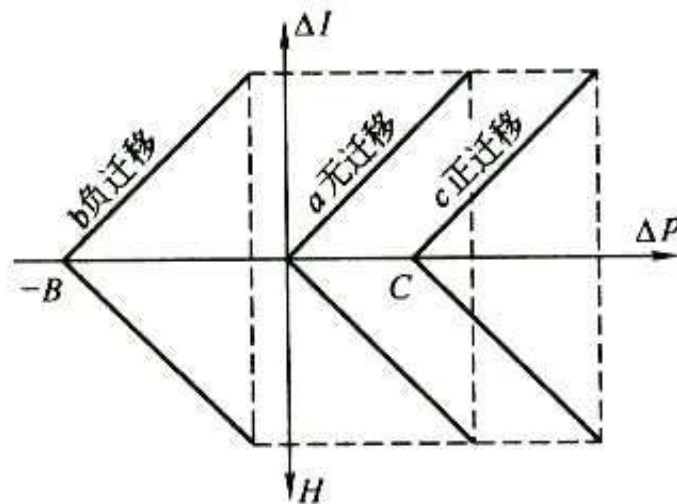
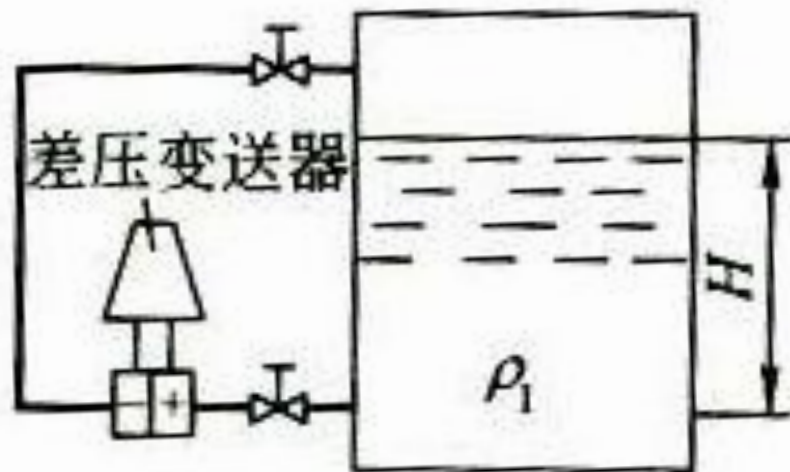
#### 1、无迁移

$$p_+ = p_0 + H\rho_1 g$$

$$p_- = p_0$$

$$\Delta p = p_+ - p_- = H\rho_1 g$$

选取合适的差变量程，使 $H=H_{\max}$ 时，最大差压值 $\Delta p_{\max}$ 为差变的满量程，则在无迁移情况下，差变输出 $I=4\text{mA}$ ，表示输入差压值为零，也即 $H=0$ ；差变输出 $I=20\text{mA}$ ，表示输入差压值为 $\Delta p_{\max}$ ，也即 $H=H_{\max}$ 。



差压变送器的正负迁移示意图



## 2、负迁移

$$p_+ = H_1 \rho_2 g + H \rho_1 g + p_0$$

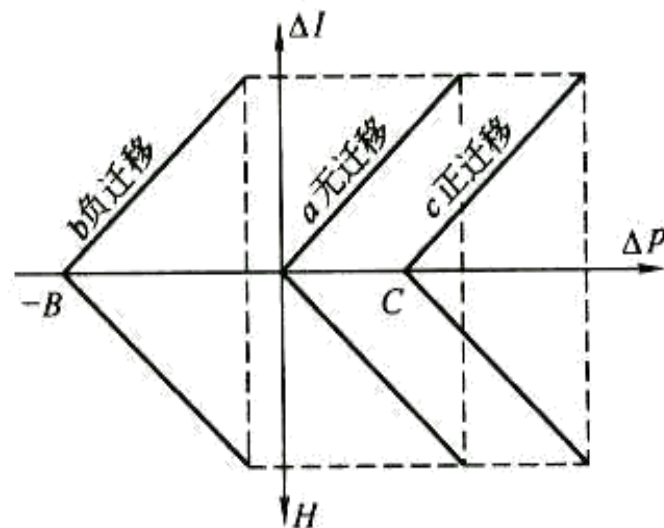
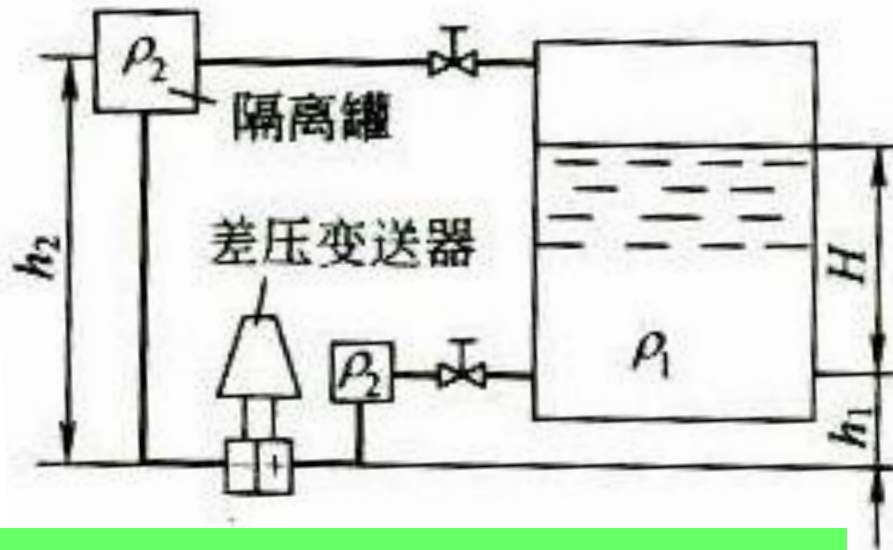
$$p_- = H_2 \rho_2 g + p_0$$

$$\Delta p = p_+ - p_- = H \rho_1 g + h_1 \rho_2 g - h_2 \rho_2 g = H \rho_1 g - B$$

量程迁移，使H在0~ $H_{\max}$ 变化时，差变量程为 $H_{\max} \rho_1 g$ 。

当H=0即 $\Delta p = -B$ 时，输出I=4mA；

当H=  $H_{\max}$  即 $\Delta p = H_{\max} \rho_1 g - B$ 时，  
输出I=20mA



差压变送器的正负迁移示意图

### 3、正迁移

$$p_+ = H_1 \rho_1 g + H \rho_1 g + p_0$$

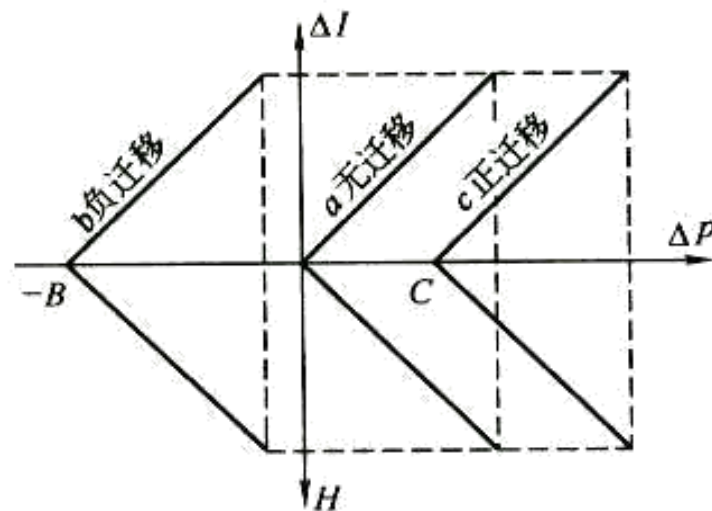
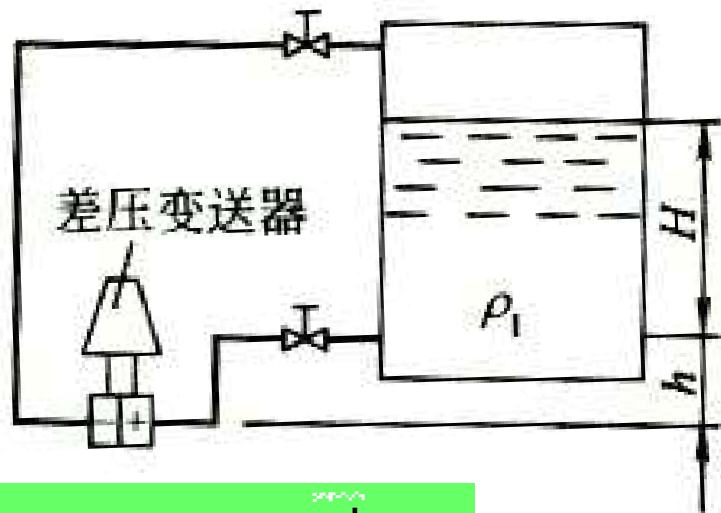
$$p_- = p_0$$

$$\Delta p = p_+ - p_- = H \rho_1 g + h_1 \rho_1 g = H \rho_1 g + C$$

量程迁移，使H在0~H<sub>max</sub>变化时，差变量程为H<sub>max</sub>ρ<sub>1</sub>g。

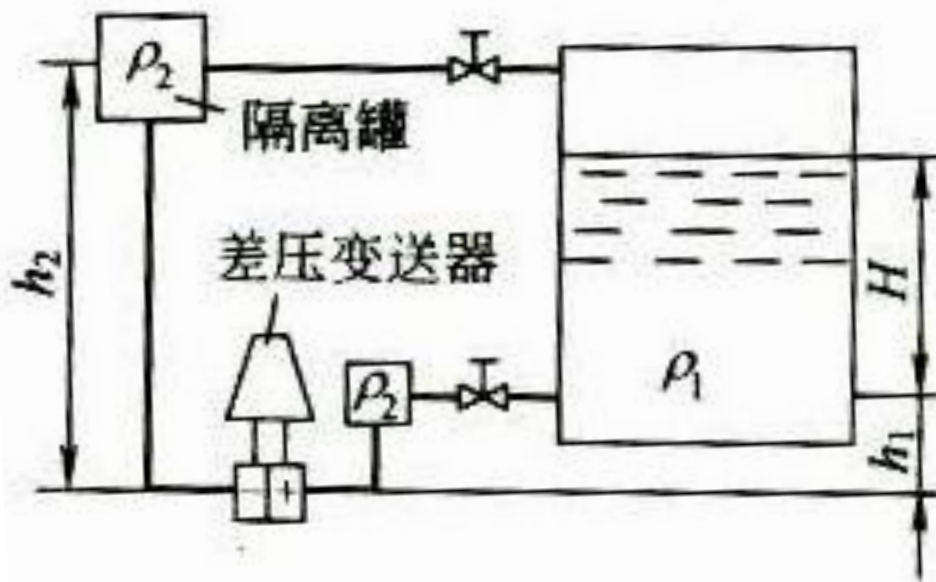
当H=0即Δp=C时，输出I=4mA；

当H= H<sub>max</sub>即Δp= H<sub>max</sub>ρ<sub>1</sub>g +C时，  
输出I=20mA



差压变送器的正负迁移示意图

**【例】** 如图所示用差压变送器检测液位。已知  $\rho_1=1200\text{kg/m}^3$ ,  $\rho_2=950\text{kg/m}^3$ ,  $h_1=1.0\text{m}$ ,  $h_2=5.0\text{m}$ , 液位变化的范围为0~3.0m, 如果当地重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 求差压变送器的量程和迁移量。



### 3.4.4 电容式物位计

#### 物位—电容量

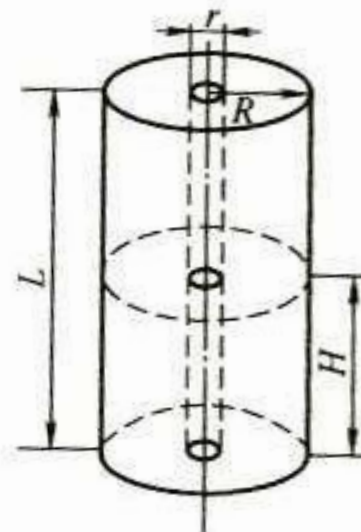
圆筒电容器的电容量:

$$C = \frac{2\pi\epsilon \cdot l}{\ln(R/r)}$$

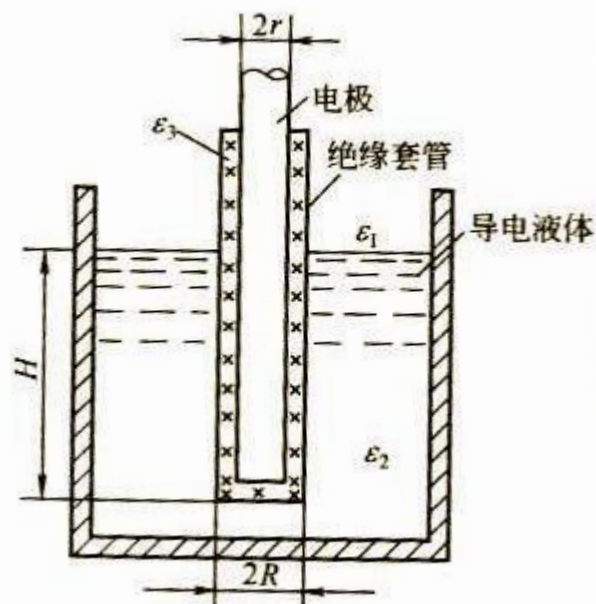
$$C = C_1 + C_2 = \frac{2\pi\epsilon_1(L-H)}{\ln(R/r)} + \frac{2\pi\epsilon_2H}{\ln(R/r)}$$

$$C = C_0 + \Delta C \quad \Delta C = \frac{2\pi(\epsilon_2 - \epsilon_1)H}{\ln(R/r)}$$

即电容器的电容量或电容增量随液位的升高而增加。



电容式物位计检测原理



导电液体液位测量示意

# 电容式液位计

棒状电极（金属管）  
外面包裹聚四氟乙烯套管，当被测液体的液面上升时，引起棒状电极与导电液体之间的电容变大。

聚四氟乙烯外套

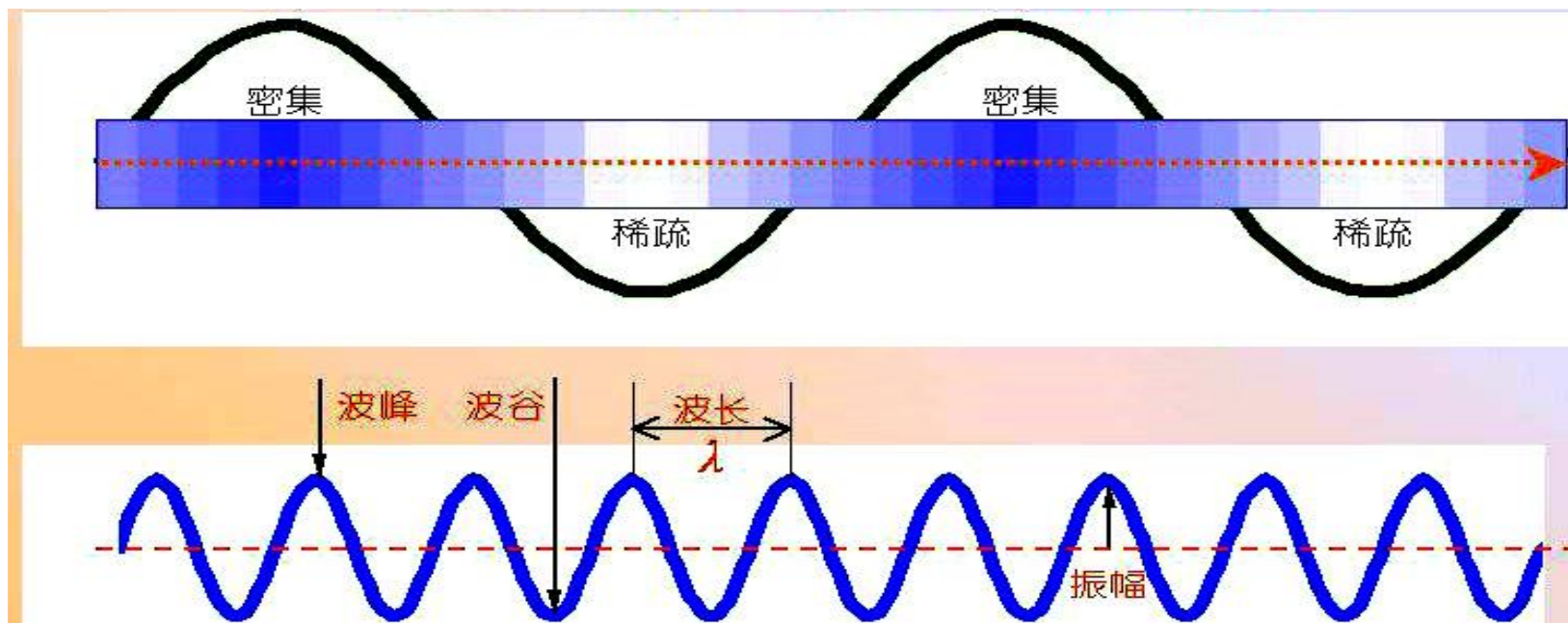


### 3.4.5 超声波物位计

**20KHz**以上频率的机械波称为**超声波**。

超声波的传播波型主要可分为纵波、横波、表面波等几种。

纵  
波



### 3.4.5.1 检测原理

- ◆ 超声波声速不仅介质有关，而且与介质所处的状态有关。

在气体中，声速随温度↑而↑

在很多固体和液位中，声速随温度↑而↓

- ◆ 声波在介质中传播时被吸收而衰减

吸收：气体>液体>固体

衰减：气体<液体<固体

- ◆ 声波传播时的方向性随频率↑而增强。

- ◆ 声波在两种介质分界面上会产生反射和折射。

垂直入射时，反射系数为：

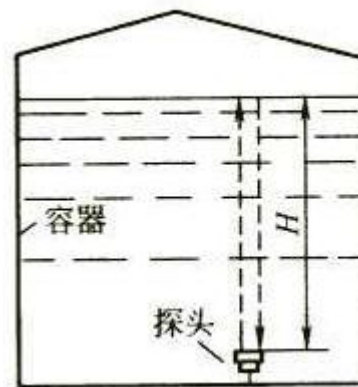
$$R = \left[ \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right]^2$$

如声波从水传播到空气， $Z_1=1.44 \times 10^6$ ， $Z_2=4 \times 10^2$ ，带入公式可得 $R=0.999$ ，声波几乎全部被反射。



测量原理:

$$H = \frac{1}{2}vt$$



超声液位检测原理

### 3.4.5.2 超声波的接受与发射

基于压电效应和逆压电效应

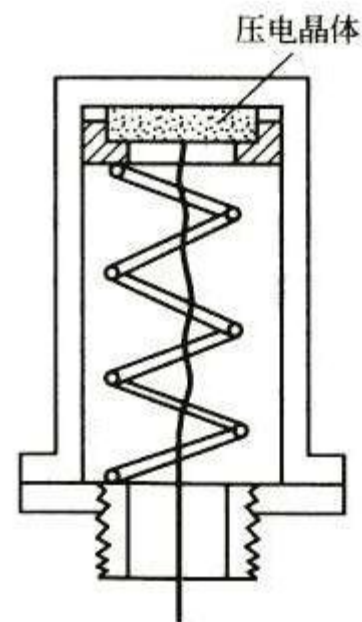
声波（机械能）— 电能

电能— 声波（机械能）

用作超声发射和接收的压电晶体称为换能器。

需选择合适的超声波能量。

在物位检测中一般采用较高频的超声脉冲。

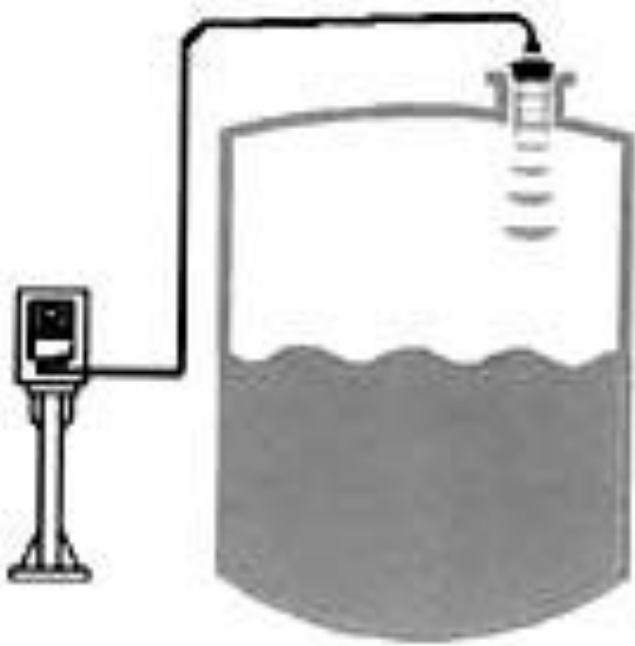


超声波换能器探头的常用结构



# 超声波测量液位和物位原理

在液罐上方安装空气传导型超声发射器和接收器，根据超声波的往返时间，就可测得液体的液面。



# 超声波测量液位和物位



喇叭形  
超声发生器

### 3.4.6 其他物位计

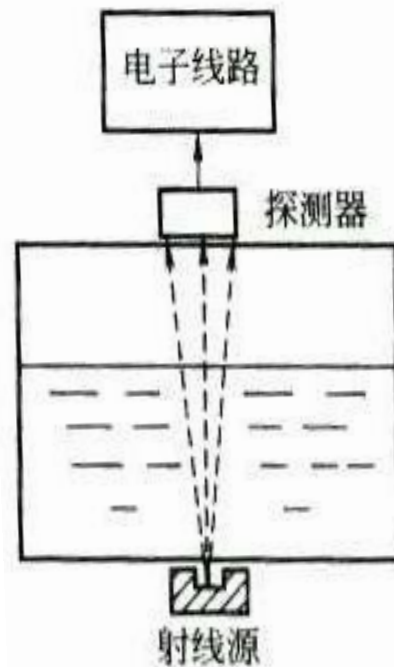
#### 3.4.6.1 射线式物位计

电离： $\alpha$ 射线 $>$  $\beta$ 射线 $>$  $\gamma$ 射线

穿透： $\alpha$ 射线 $<$  $\beta$ 射线 $<$  $\gamma$ 射线

##### 1、检测原理

$$I = I_0 e^{-\mu H}$$



射线式物位检测原理

##### 2、检测系统组成

①射线源：射线种类、射线强度、使用时间等方面考虑。

②探测器：将射线信号转变为电信号。

③电子线路：将电脉冲信号转变为标准信号。



$\gamma$ 射线料位计

## 3.4.6.2 浮力式液位计

**测量原理：**利用漂浮于液面上的浮子高度或浸入液体中浮子的浮力变化测知液位或界位。

### 恒浮力式

浮力不变。浮子永远漂浮在液面上，位置随着液位变化。

确定浮标位置→液位

自动跟踪式、浮标式、浮球式、钢带式液位计等。

### 变浮力式

浮力变化。浮子浸没在液体里，浮力随液位变化。

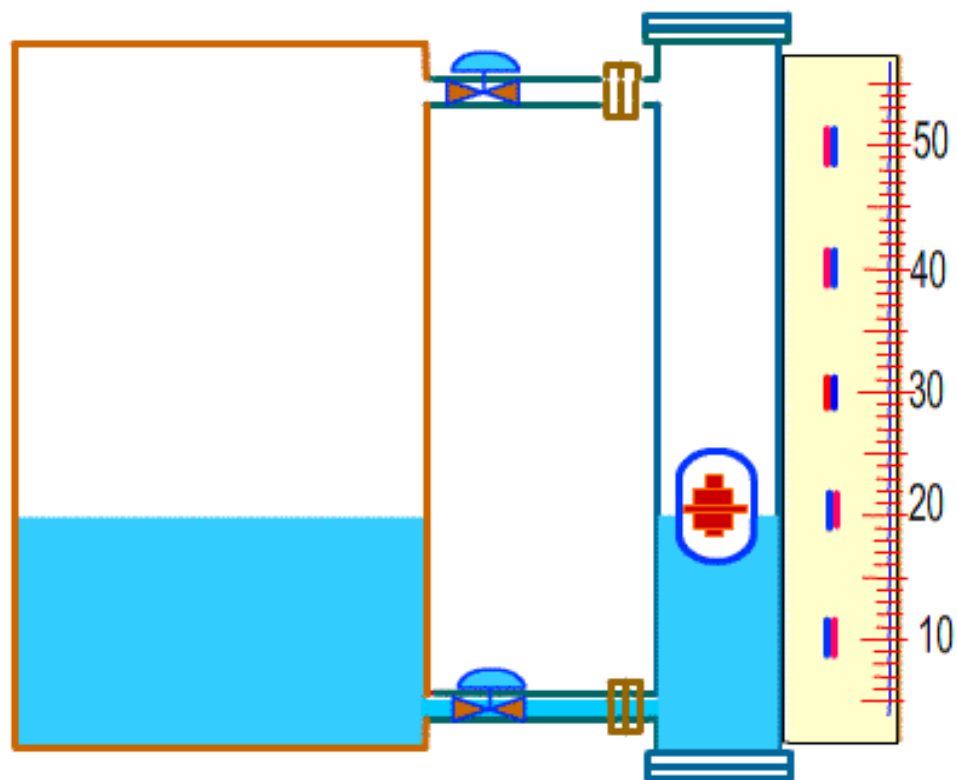
确定浮力变化→液位

浮筒式液位计



天长市沪仪仪表电缆有限公司

浮标液位计



翻板式液位计工作原理动画演示



浮筒液位计



# 电容式液位限位传感器

液位限位传感器与液位变送器的区别在于：它不给出模拟量，而是给出开关量。当液位到达设定值时，它输出低电平。但也可以选择输出为高电平的型号。



# 液位限位传感器的设定

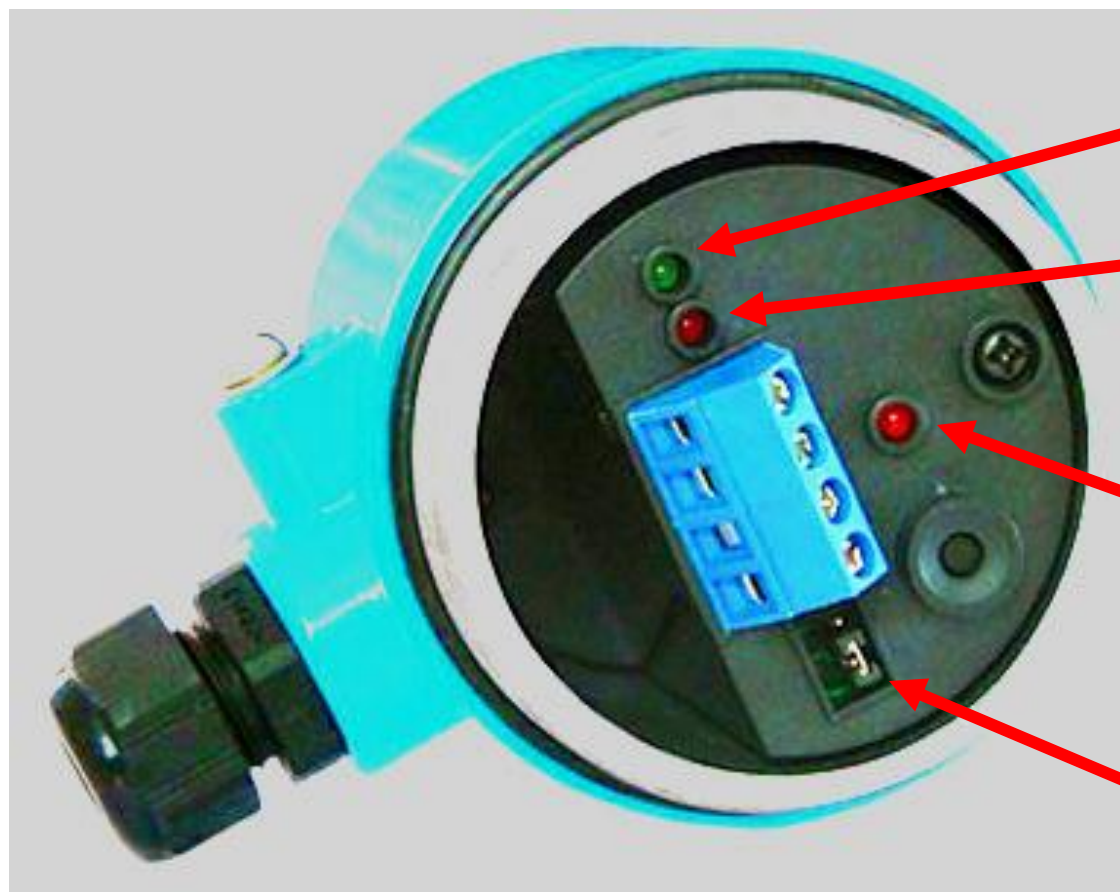
设定按钮

智能化液位传感器的设定方法十分简单：

用手指压住设定按钮，当液位达到设定值时，放开按钮，智能仪器就记住该设定。正常使用时，当水位高于该点后，即可发出报警信号和控制信号。



# 智能化液位限位传感器的设定按钮



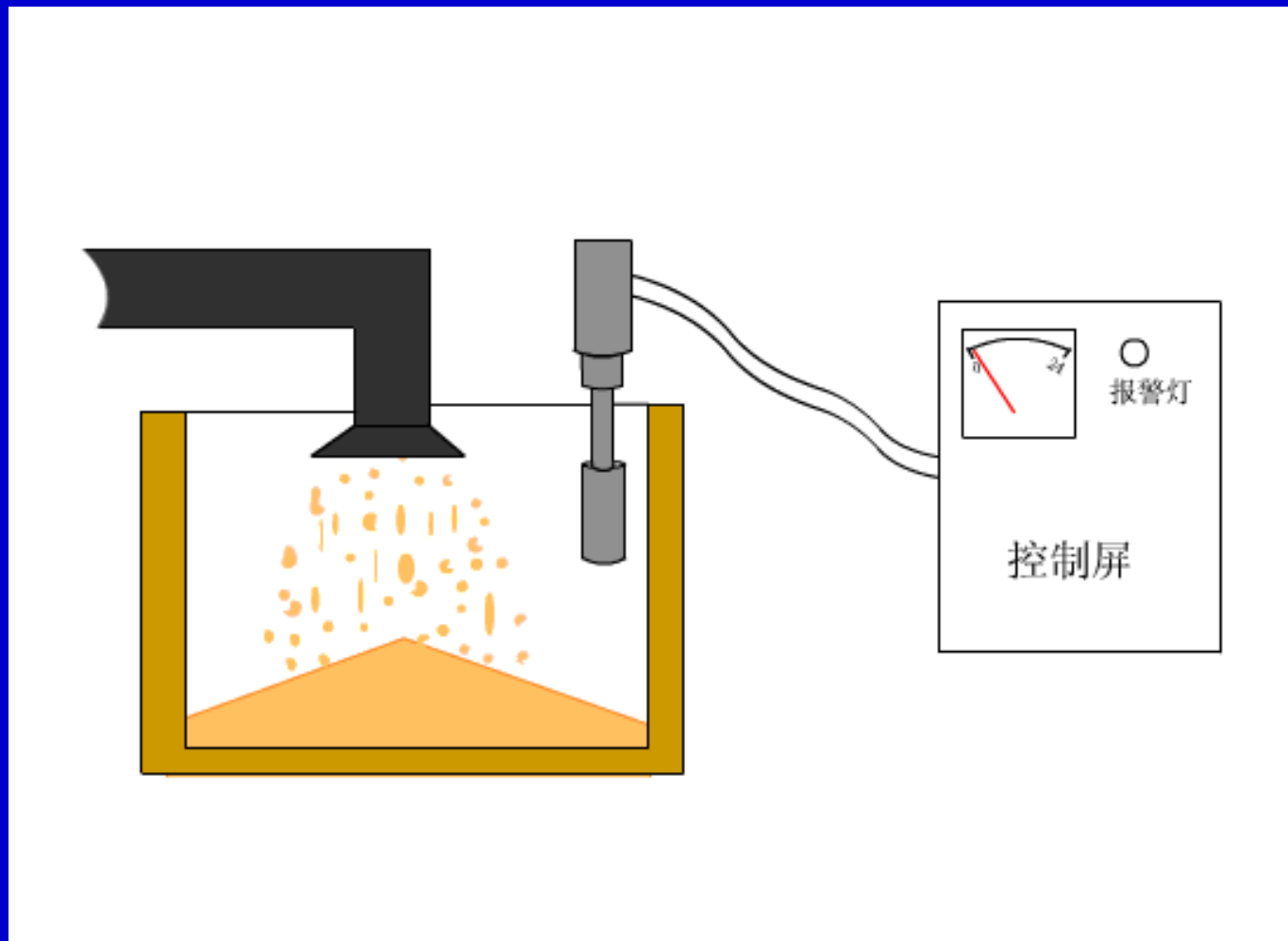
正常工作  
指示灯

电源  
指示灯

超限灯

设定按钮

# 电容式限位开关在物位测量控制中的 使用演示



常用的物位检测方法：

①静压式物位计：根据流体静力学原理，静止介质内某一点的静压力与介质上方自由空间压力之差与该点上方的介质高度成正比。该方法只用在液位测量。

②浮力式物位计：利用漂浮于液面上浮子随液面位置变化，或者部分浸没于液体中的物体的浮力随液位而变化来检测液位，前者称为恒浮力法，后者称为变浮力法，两者均用于液位检测。

③**电气式物位计**：把敏感元件做成一定形状的电极置于被测介质中，则电极之间的电气参数，如电阻、电容等，随物位的变化而改变。该方法**用于液位、料位检测**。

④**声学式物位计**：利用超声波在介质中的传播速度及在不同相界面之间的反射特性来检测物位。该方法**用于液位、料位检测**。该方法**可实现物位的非接触式检测**。

⑤**射线式物位计**：放射性同位素所放出的射线穿过被测介质（液体或固体颗粒）因被其吸收而减弱，吸收程度与物位有关。该方法**用于液位、料位检测**。该方法**可实现物位的非接触式检测**。

### 3.4.7 物位检测的使用

#### 液位检测：

静压式和浮力式检测方法是最常用的。具有结构简单、工作可靠、准确度较高等优点。但需要引压管导出或插入浮筒。

不适合高黏度介质或易燃、易爆等危险性较大的介质。

#### 液位和料位检测：

电容式、声学式、射线式检测方法。

**电容式物位计**结构简单，但电容变换量较小，对电子线路要求较高，易受介质介电常数变化的影响。

**超声波物位计**使用范围较广，可实现非接触式测量，但探头不能测高温，声速受温度等影响，有些介质对声波吸收较强，价格较高。

**射线式物位计**使用范围较广，可实现完全的非接触式测量，射线不受温度、压力的影响，测量值较稳定，但射线对人体有较大的危害作用，需慎重使用。