



## 5.3.6 超声波传感器

### 5.3.6.1 超声波传感器的原理及结构

### 5.3.6.2 超声波传感器的特性

### 5.3.6.3 超声波传感器应用





### 5.3.6.1 超声波传感器的原理及结构

利用超声波在超声场中的物理特性和各种效应而研制的装置称为超声波传感器、探测器或换能器，也称为探头。

超声波是一种振动频率高于声波的机械波，由换能材料在电压的激励下发生振动产生的，它具有频率高、波长短、绕射现象小，特别是方向性好、能够成为射线而定向传播等特点。超声波对液体、固体的穿透本领很大，尤其是在阳光不透明的固体中，它可穿透几十米的深度。超声波碰到杂质或分界面会产生显著反射形成反射回波，碰到活动物体能产生多普勒效应。因此超声波检测广泛应用在工业、国防、生物医学等方面。





## 压电式超声波传感器的基本工作原理

超声波探头按其工作原理可分为**压电式**、**磁致伸缩式**、**电磁式**等，其中以压电式最为常用。压电式超声波探头常用的材料是压电晶体和压电陶瓷，这种传感器统称为压电式超声波探头。它是利用压电材料的**压电效应**来工作的。

压电效应有**正向压电效应**和**逆向压电效应**。

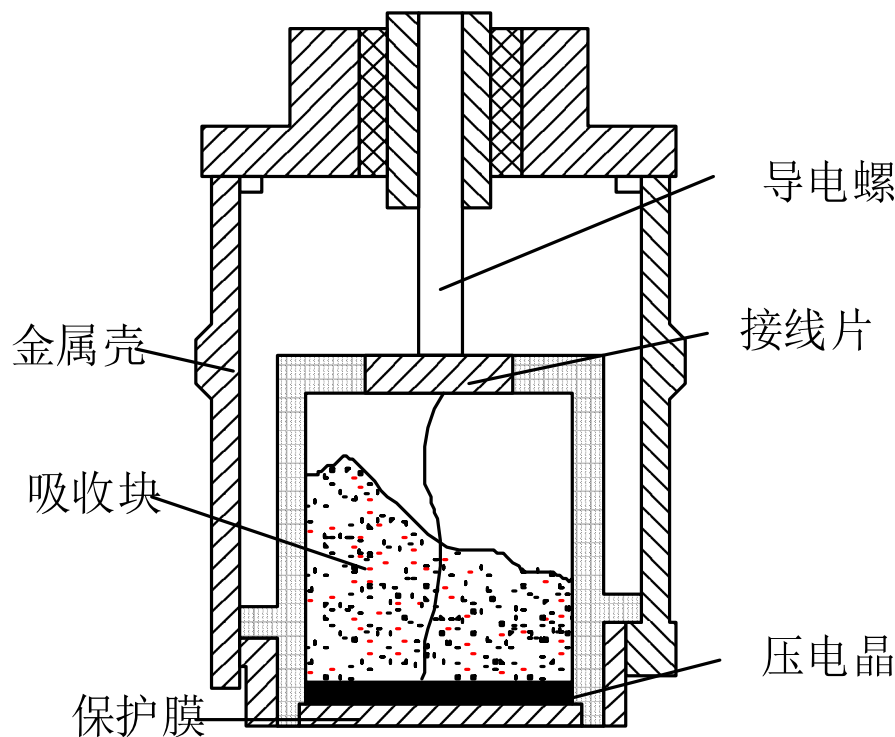
超声波发送器是利用逆向压电效应制成——即在压电元件上施加电压，元件就变形（也称应变）引起空气振动产生超声波，超声波以疏密波形式传播，传送给超声波接收器。

超声波接收器是利用正向压电效应制成——即接收到的超声波促使接收器的振子随着相应频率进行振动，由于存在正向压电效应，就产生与超声波频率相同的高频电压。

当然这种电压非常小，必须采用放大器进行放大。



## 超声波传感器的结构



超声波探头结构如图所示，它主要由压电晶片、吸收块（阻尼块）、保护膜、引线等组成。

压电晶片多为圆板形，厚度为 $\delta$ 。超声波频率 $f$ 与其厚度 $\delta$ 成反比。压电晶片的两面镀有银层，作导电的极板。

阻尼块的作用：降低晶片的机械品质，吸收声能量。如果没有阻尼块，当激励的电脉冲信号停止时，晶片将会继续振荡，加长超声波的脉冲宽度，使分辨率变差。



## 空气中用超声波传感器的结构

如右图所示，采用双压电陶瓷晶片结构。将双压电陶瓷晶片固定安装在基座上，为了增强其效果，在压电晶片上面加装了锥形振子，最后将其装在金属壳体中并伸出两根引线。

发送超声波时，圆锥形振子有较强的方向性，因而能高效率地发送超声波；接收超声波时，超声波的振动集中于振子的中心，所以能产生高效率的高频电压。





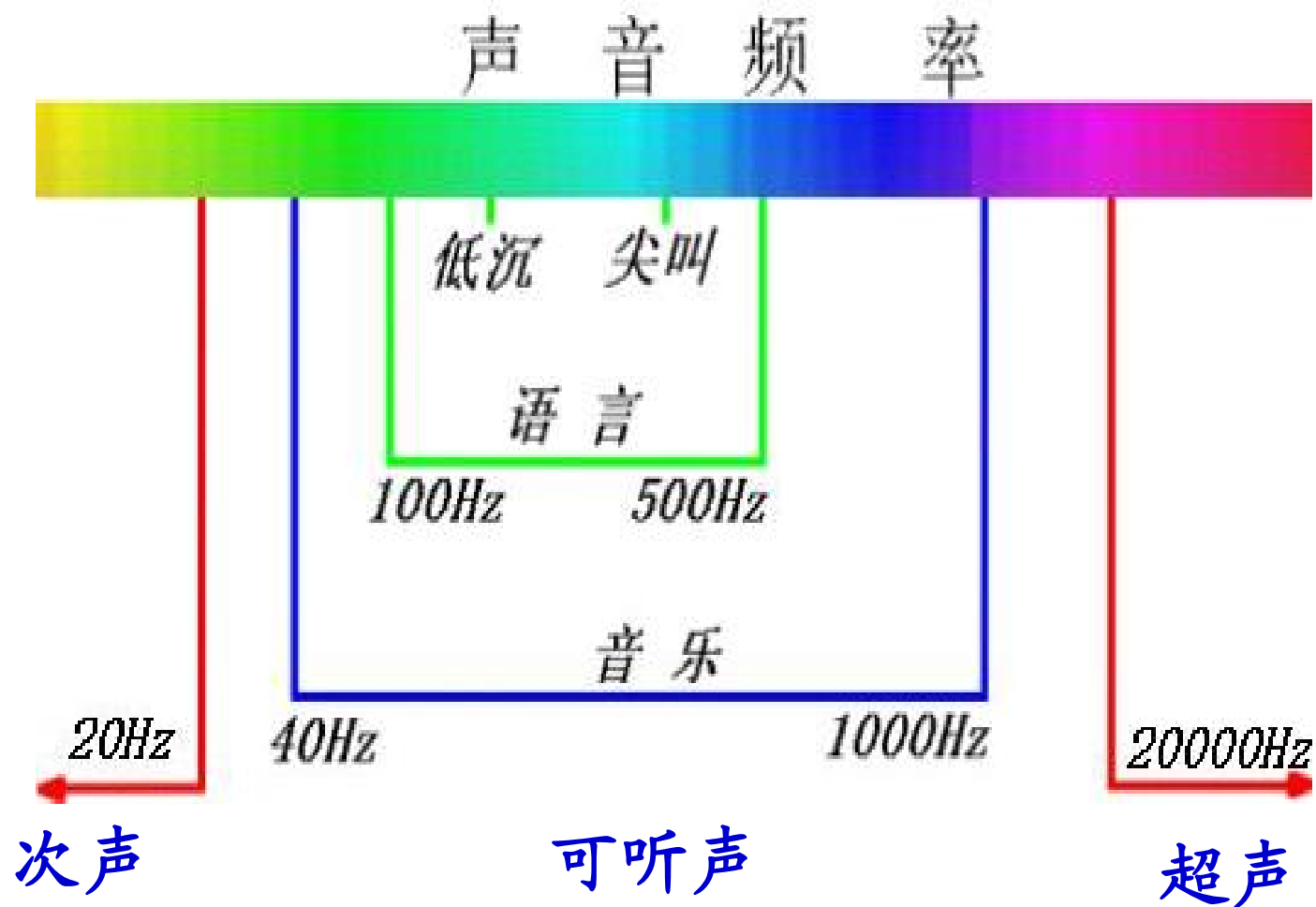
## 超声波的波型及其传播速度

当声源在介质中施力方向与波在介质中传播方向不同时，声波的波型也不同。通常有：

① 纵波：质点振动方向与波的传播方向一致的波，它能在固体、液体和气体介质中传播；

② 横波：质点振动方向垂直于传播方向的波，它只能在固体介质中传播；

③ 表面波：质点的振动介于横波与纵波之间，沿着介质表面传播，其振幅随深度增加而迅速衰减的波，表面波只在固体的表面传播。

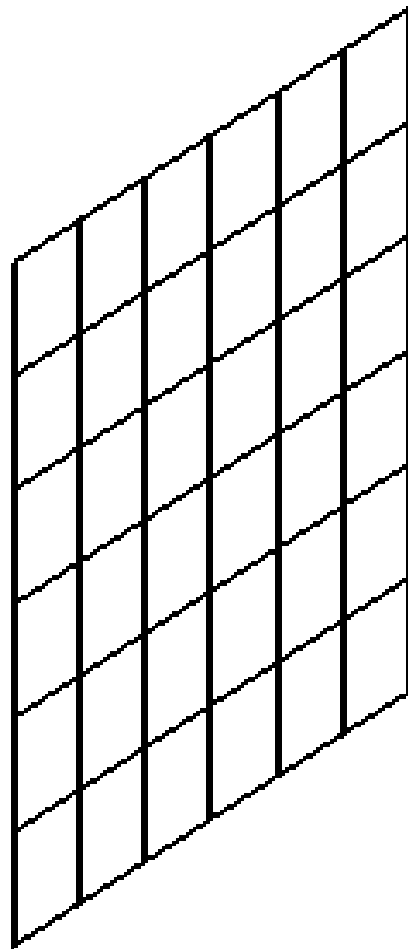


超声是频率大于两万赫兹的声波。





## 蝙蝠的飞行本领



铁丝直径大于0.34mm  
不碰撞

铁丝直径小于0.07mm  
碰撞

回音定位



声波在介质中传播时，能量的衰减决定于声波的扩散、散射和吸收。在理想介质中，声波的衰减仅来自于声波的扩散，即随声波传播距离增加而引起声能的减弱。

散射衰减是指超声波在介质中传播时，固体介质中的颗粒界面或流体介质中的悬浮粒子使声波产生散射，其中一部分声能不再沿原来传播方向运动，而形成散射。散射衰减与散射粒子的形状、尺寸、数量、介质的性质和散射粒子的性质有关。

吸收衰减是由于介质粘滞性，使超声波在介质中传播时造成质点间的内摩擦，从而使一部分声能转换为热能，通过热传导进行热交换，导致声能的损耗。



## 5.3.6 超声波传感器

5.3.6.1 超声波传感器的原理及结构

5.3.6.2 超声波传感器的特性

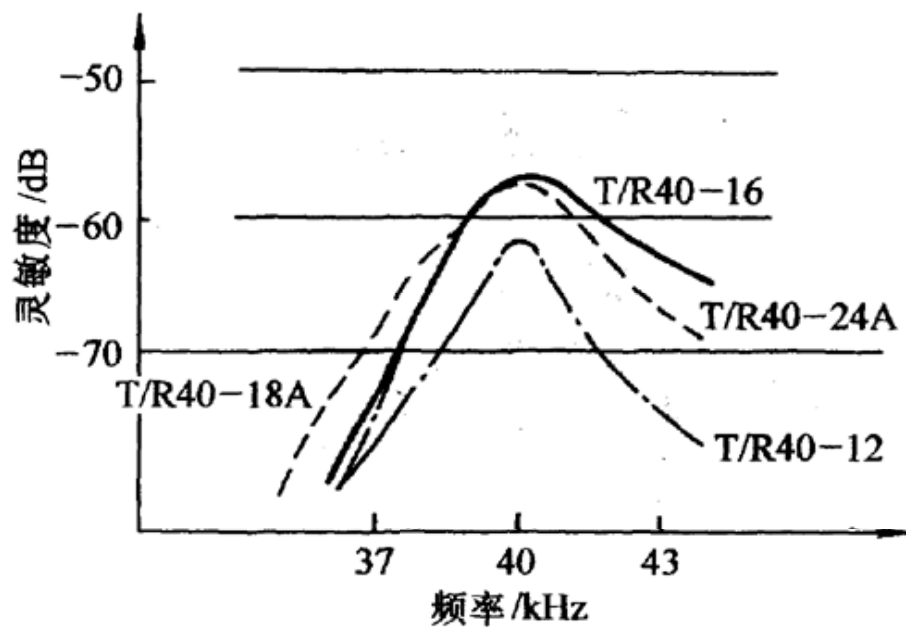
5.3.6.3 超声波传感器应用



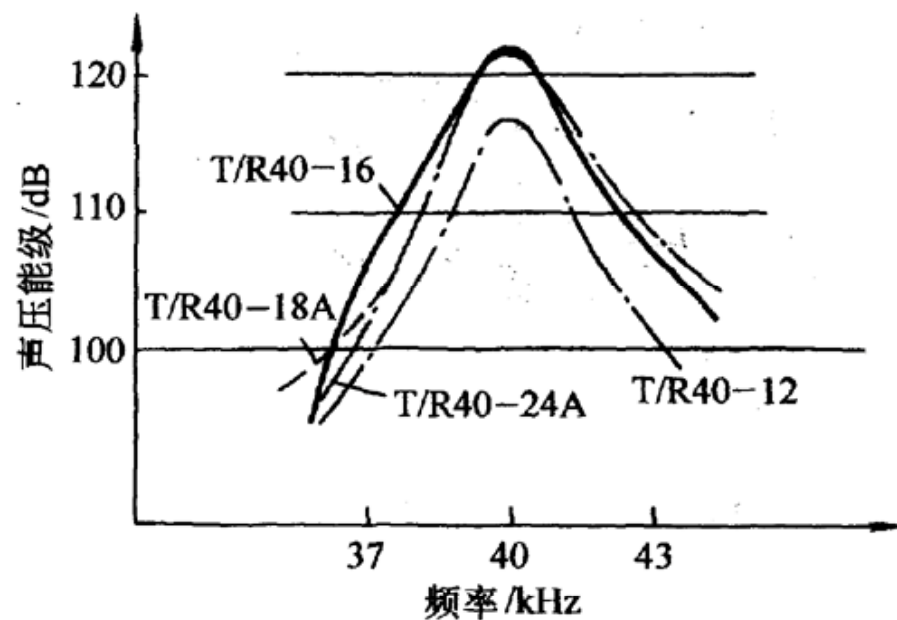


## 5.3.6.2 超声波传感器的特性

### 频率特性



接收超声波



发送超声波



## 性能指标

- 1、**工作频率**。工作频率就是压电晶片的共振频率。当加到它两端的交流电压的频率和晶片的共振频率相等时，输出的能量最大，灵敏度也最高。
- 2、**工作温度**。由于压电材料的居里点一般比较高，特别时诊断用超声波探头使用功率较小，所以工作温度比较低，可以长时间地工作而不失效。医疗用的超声探头的温度比较高，需要单独的制冷设备。
- 3、**灵敏度**。主要取决于制造晶片本身。机电耦合系数大，灵敏度高；反之，灵敏度低。



## 超声波传感器-性能参数

型 号		FUS-40BT	FUS-40BR	FUS-40CT	FUS-40CR	FUS-40E	FUS-110A	FUS-200A	FUS-300A	FUS-400A
构 造		密封防水性		开放式		开放式	密封防水性			
发射或接受信号		发射用	接收用	发射用	接收用	收发两用	收发两用			
额定频率	kHz	40				40	110	200	300	400
发射声压	dB 以上	105	-	118	-	-	-			
(0dB= 2 x 10 <sup>-5</sup> Pa)										
接收灵敏度	dB 以上	-	-57	-	-46	-	-			
(0dB= 1v / Pa)										
收发灵敏度	dB 以上	-				-43	-54	-56	-66	-74
						at.30cm	at.40cm	at.20cm	at.15cm	at.10cm
带 宽	kHz 以上	2	2	6	6	-	-			
		(100dB)	(-60dB)	(105dB)	(-54dB)					
静态电容	pF	2600±20%				2000	600	380	260	200
指向性	deg	80		50		40	7	7	6	6
最大输入电压	V	15	-	15	-	100	80	60	40	40
		(r.m.s)				(Pulse V p.p.)	(Pulse V p.p.)			
量 程	m	0.2~ 3		0.2~ 6		0.2~ 4	0.4~ 2.5	0.2~ 1.2	0.1~ 0.6	0.08~ 0.3
分辨率	mm	9		9		9	3	2	1.2	1
使用温度	℃	-20~ 70				-25~ 70	-20~ 60			
储存温度	℃	-35 80				-40 85	-35~ 70			
高温储存	灵敏度 变化 3dB 以内	80℃ 500h					70℃ 200h			
低温储存		-35℃ 500h					-35℃ 200h			
耐湿性		60℃ 90~ 95%RH 500h								
工作持久性		60℃ 85%RH 10v rms 500h					-			
耐冲击		从1米高度跌落到硬质木板上3次								
耐振动		10→55→10Hz • 1 分钟全振幅 : 1.5mm XYZ 三个方向各1小时								
外形尺寸	mm	Ø17.8×11H		Ø16×12H		Ø16×12H	Ø37×17.2H	Ø19×10.8H	Ø13×8.8H	Ø10×7.4H



## 5.3.6 超声波传感器

5.3.6.1 超声波传感器的原理及结构

5.3.6.2 超声波传感器的特性

5.3.6.3 超声波传感器应用





### 5.3.6.3 超声波传感器应用

#### 1. 超声波物位传感器

超声波物位传感器是利用超声波在两种介质的分界面上的反射特性而制成的。

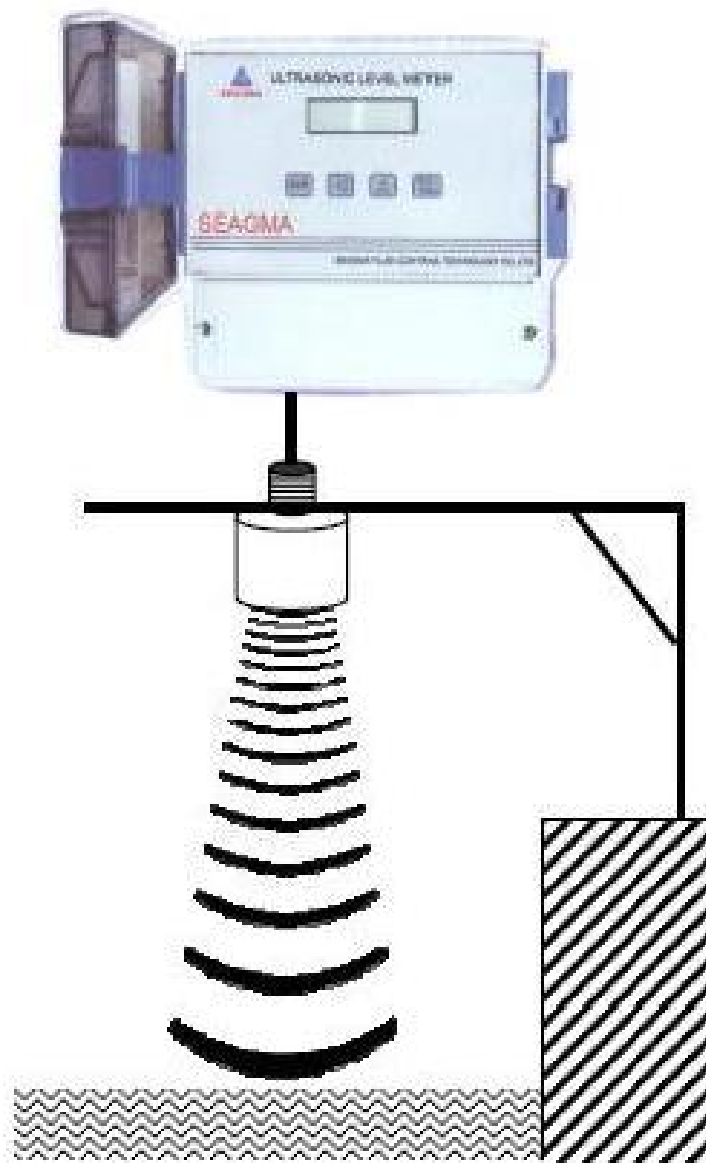
如果从发射超声脉冲开始，到接收换能器接收到反射波为止的这个时间间隔为已知，就可以求出分界面的位置，利用这种方法可以对物位进行测量。

根据发射和接收换能器的功能，传感器又可分为单换能器和双换能器。





## 测料位





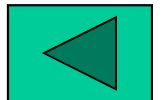
## 2. 超声波流量传感器

超声波流量传感器的测定方法是多样的，如传播速度变化法、波速移动法、多普勒效应法、流动听声法等。但目前应用较广的主要是超声波传播时间差法。

超声波在流体中传播时，在静止流体和流动流体中的传播速度是不同的，利用这一特点可以求出流体的速度，再根据管道流体的截面积，便可知道流体的流量。



超声波流量传感器具有不阻碍流体流动的特点，可测的流体种类很多，不论是非导电的流体、高粘度的流体，还是浆状流体，只要能传输超声波的流体都可以进行测量。超声波流量计可用来对自来水、工业用水、农业用水等进行测量。还适用于下水道、农业灌渠、河流等流速的测量。



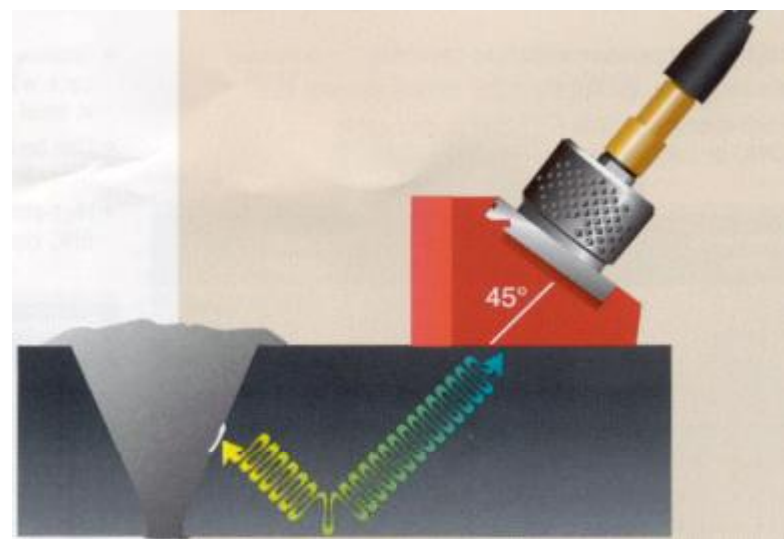
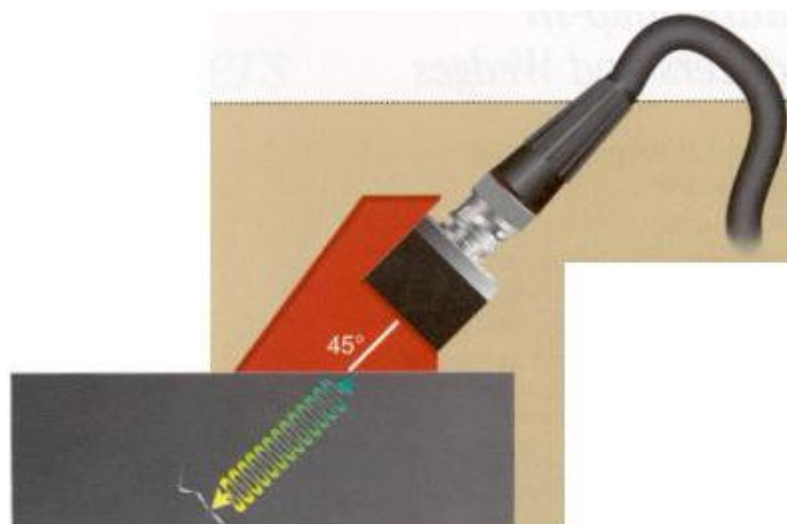


# 测流量



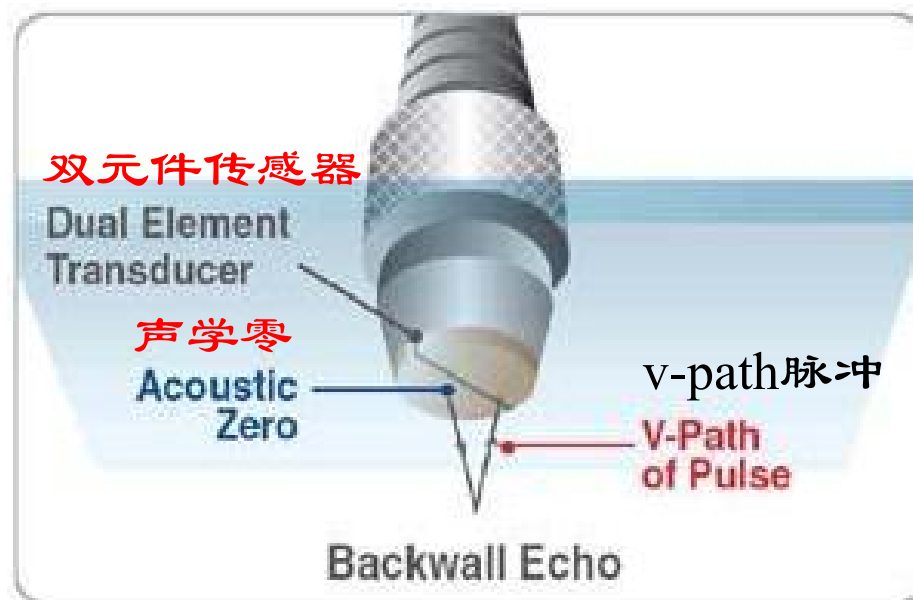


## 无损探伤





## 测厚度



底面回波



## 超声波传感器的选型

一般市售的超声波传感器有专用型和兼用型两种：专用型就是发送器用作发送超声波，接收器用作接收超声波；兼用型就是发送器和接收器为一体的传感器，即可发送超声波，又可接收超声波。

超声波传感器的谐振频率（即压电元件的中心频率）为23kHz、40kHz、75kHz、200kHz、400kHz等。因为超声波在空气中传播时衰减很大，衰减的程度与频率成正比，但是谐振频率越高则分辨率也会越高，则检测距离变短，所以短距离测量时一般选频率高的传感器（100kHz以上），长距离测距只能选频率低的传感器。



## 超声波传感器的特性

本系统所使用的发射器和接收器是以中心频率（或谐振频率）和直径为参数来划分：其型号为TCT40-16T和TCT40-16R，其中40表示传感器工作的中心频率（或谐振频率）为40kHz，16表示传感器的外形直径为16mm，在发射头和接收头上，我们会看到T和R字样，就是分别对应发射器和接收器。

TCT40-16T发射头一般来讲工作电压可以到100V左右；所发射的超声波采用固定的中心频率（或谐振频率）为40kHz的波形驱动，且占空比要求为50%；两个引脚没有正负（因为是交流驱动发射），真要分个正负的话就把有接外壳的那个脚接到应用电路的地（这样输出信号是对地的）。

这种传感器的带宽较窄、具有单峰特性，即在中心频率处灵敏度最高，输出信号幅度最大，也几乎在这个频点，接收器的接收灵敏度最高，而在中心频率两侧则迅速衰减。





## 测距离



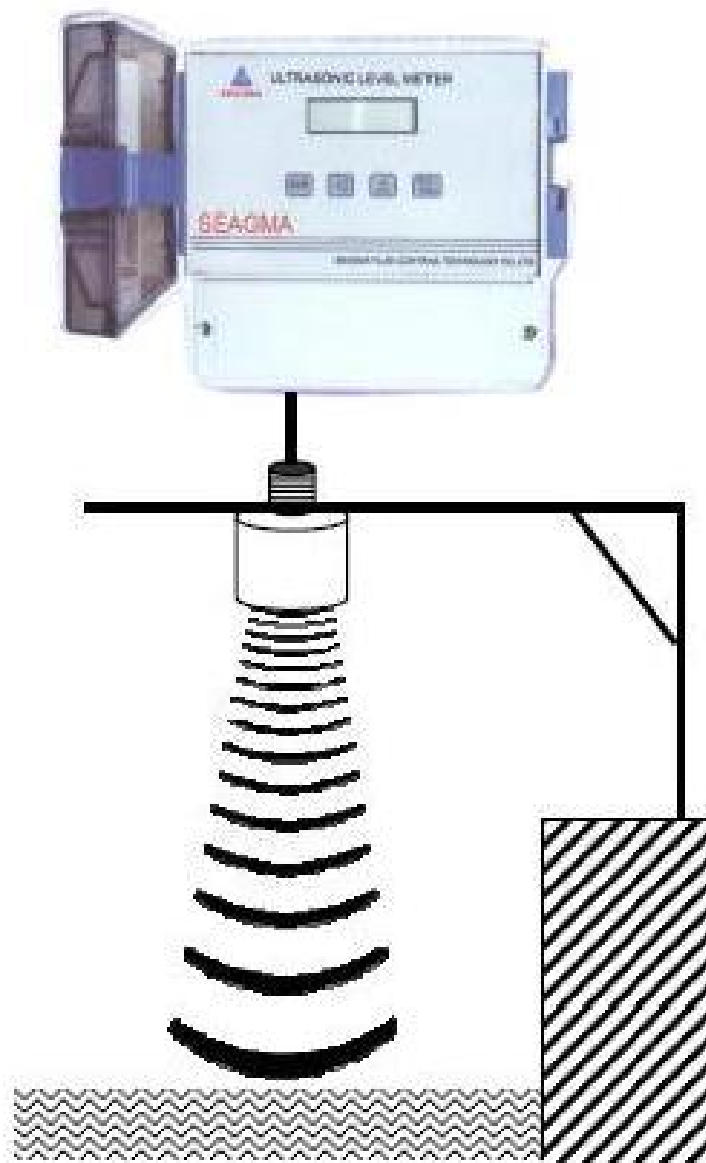


## 超声波多普勒测量车速



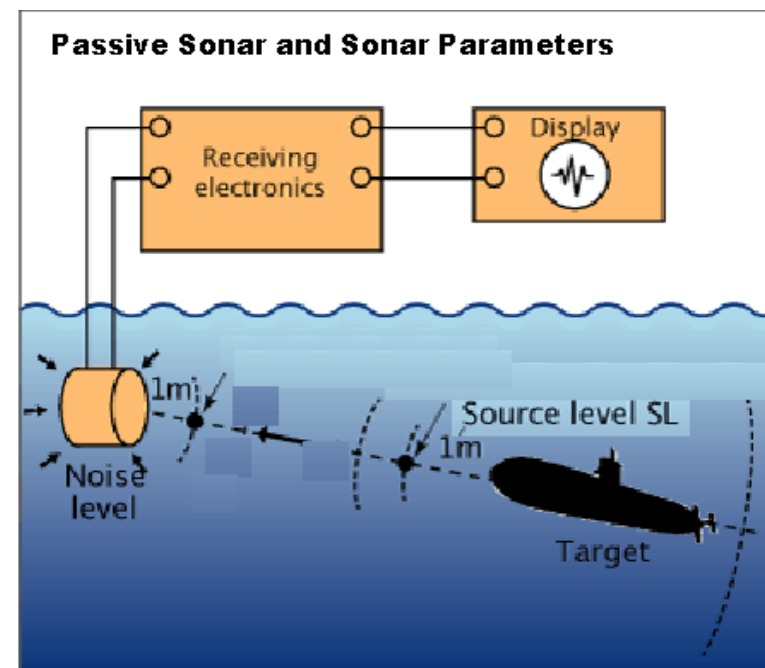
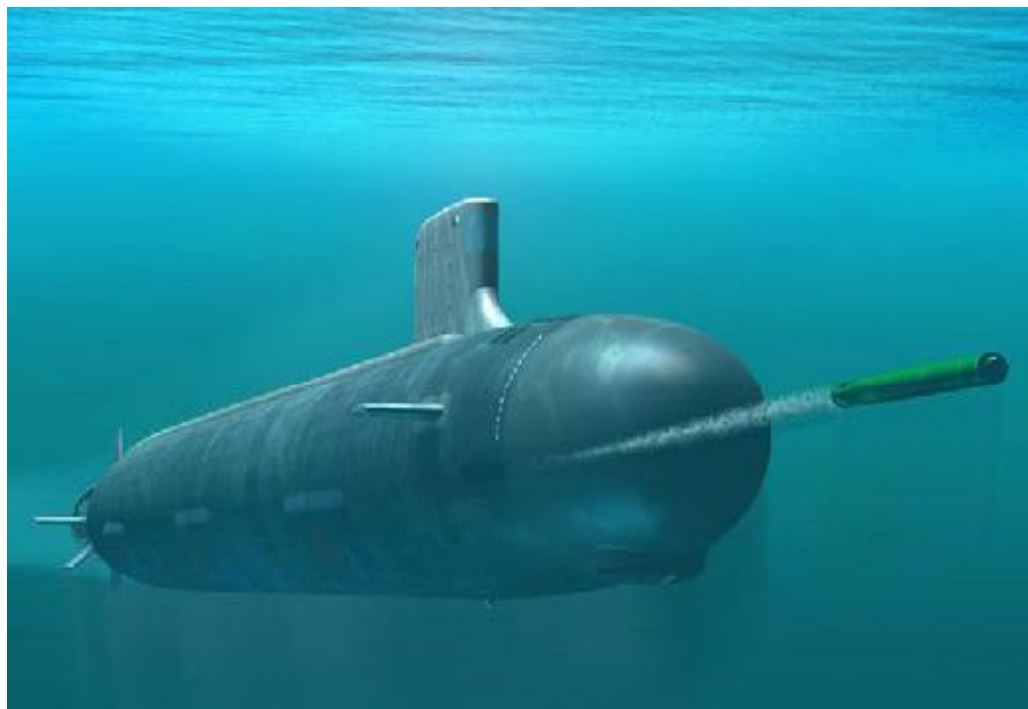


## 测料位





B扫描超声成像技术



美国的维吉尼亚级潜艇