

# 声学信号与成像处理

云南大学 信息学院 张榆锋

2016年9月 ~ 2017年1月

# 概 论

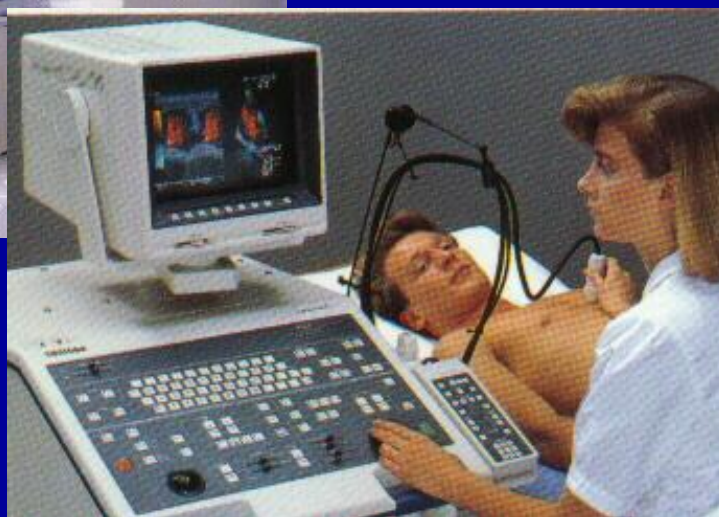
## 超声 (ultrasound)

-----现代三大医学影像诊断技术之一



USG

MRI



CT





2016/8/29



2007 12 19

## 定义(definition)

振动频率每秒大于20KHz，超过人耳听觉上限的机械振动波为**超声波**。能成束发射，以纵波的形式向远方传导。

0Hz

20Hz

20kHz



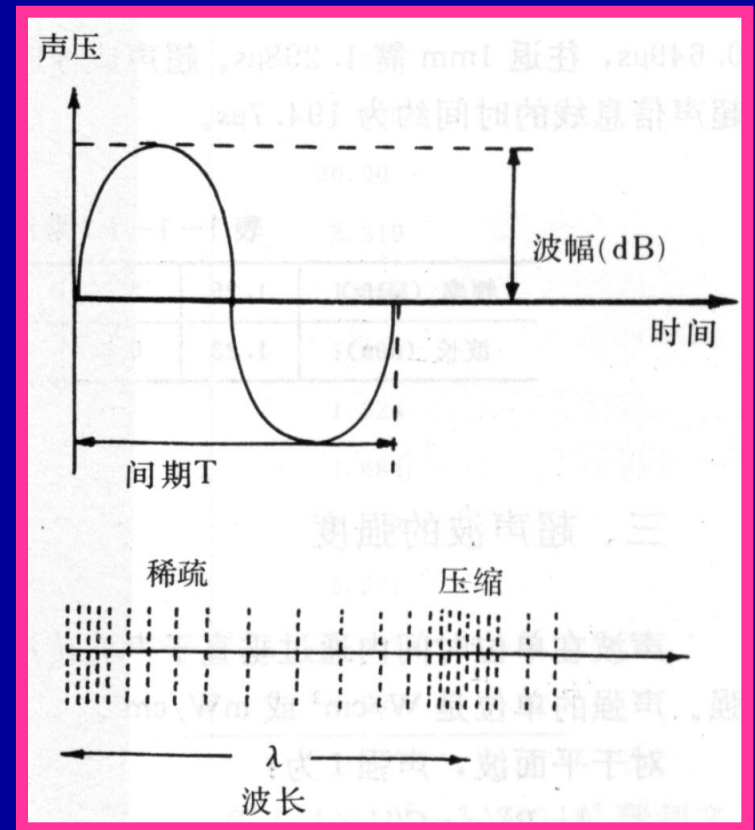
医用超声诊断频率多选取  
2.5-10MHZ之间



# 超声波类型

**纵波** 质点的振动方向与声波传播的方向一致，超声在软组织中以平面波形式传播。

**横波** 质点振动的方向与声波传播的方向垂直，这种波在体内传播衰减大，几乎无法传播，**医学超声中一般不用横波。**



# 第一节 超声的物理基础

## 物理量(physical quantity)

- 1、**波长(wavelength)**: 声波在一个完整周期内所通过的距离( $\lambda$ )。  
单位为厘米 (cm) 或毫米 (mm)。
- 2、**频率(frequency)**: 一秒内出现振动波的次数为频率( $f$ ), 其单位为赫兹(Hz)。
- 3、**声速(wave velocity)**: 每秒声波在介质中传播的距离为声速( $C$ ), 单位是m/s。

$$C=f \cdot \lambda$$

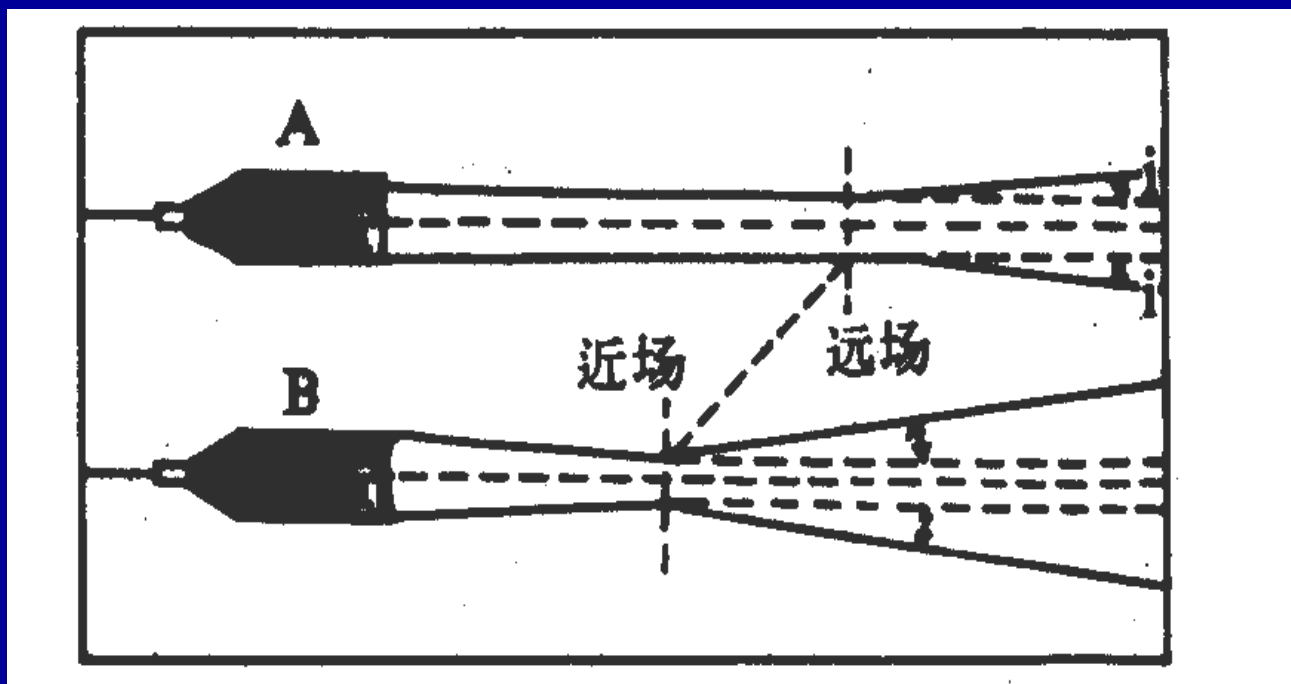
**4、声特性阻抗：**为介质的密度( $\rho$ )和声速( $c$ )的乘积，用 $Z$ 表示， $Z=\rho \cdot c$ ，简称声阻抗，为超声诊断中最基本的物理量。声像图中各种回声的差异主要因为声阻抗不同形成的。

**5、界面：**两种不同声阻抗物体的接触面。

界面小于波长为小界面，大于波长为大界面

# 一、指向性或束向性

声场：发射超声在介质中传播时其能量所达到的空间。  
亦称为声束。





超声指向性优劣的指标:

近场长度  $L = r^2 / \lambda$

扩散角  $\sin\theta = 1.22 \lambda / D$

超声频率越高，波长越短，扩散角越小，声束的指向性越好。

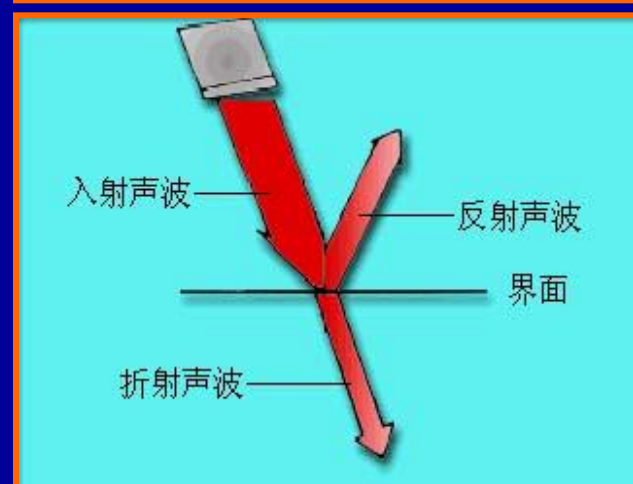
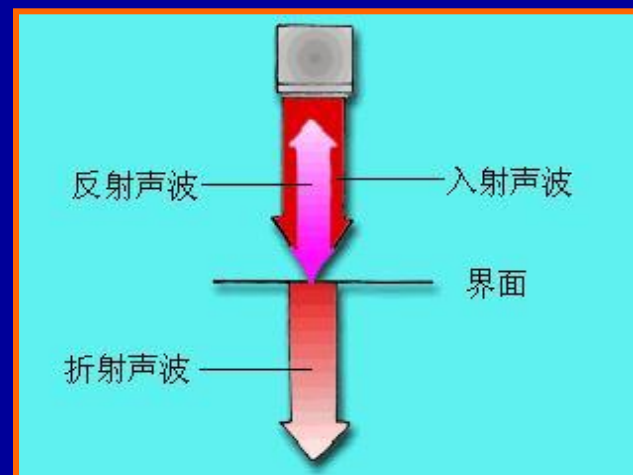
## 二、反射与折射(reflection & refraction)

## 反射的定义

超声波入射到比波长大的界面且有一定声阻差时，就会产生反射。能够清楚显示体表和内部器官的表面形态和轮廓。

反射强度取决于：

- 1、两种介质的声阻差
- 2、入射角的大小



# 折射的定义

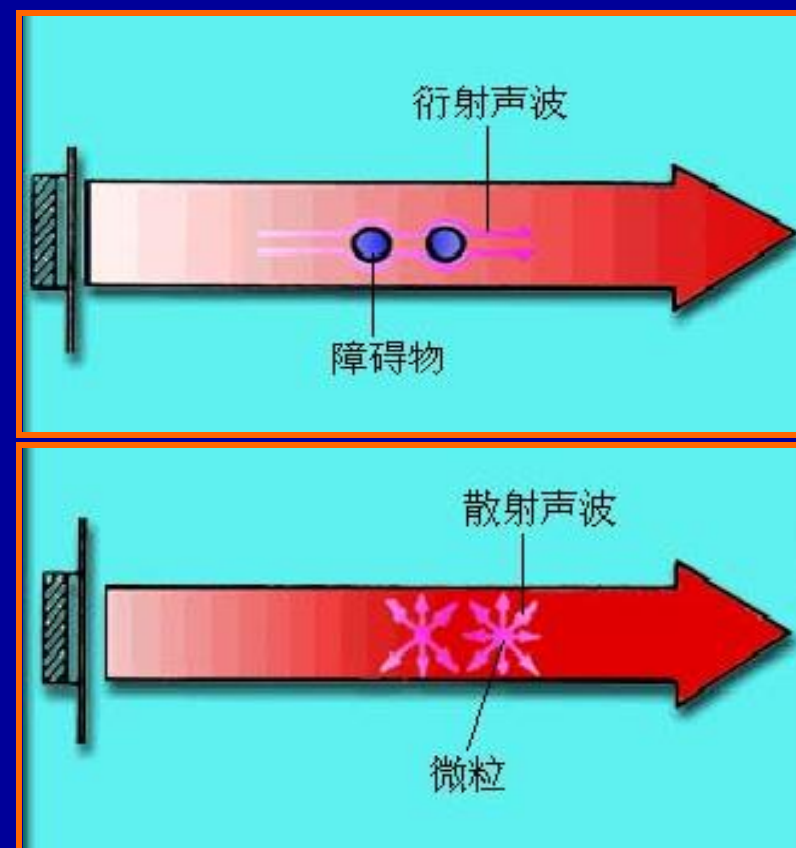
由于人体各种组织、脏器中的声速不同，声束经过这些组织间的大界面时，产生声束前进方向的改变，称为**折射**



图 2-1-11 超声的折射

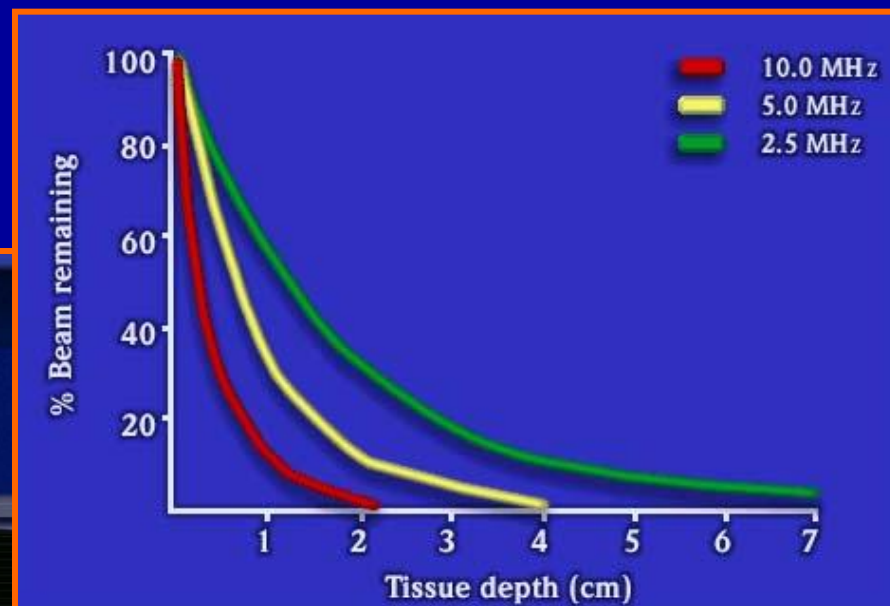
## 三、散射与绕射(scattering & diffraction)

- 1) **绕射**: 如界面不大, 可与超声波波长相比, 则声波将绕过该界面继续向前传播。
- 2) **散射**: 如物体的直径远小于超声波的波长时, 则声波向物体的四面八方辐射。能反映脏器的细小结构, 其临床意义十分重要。



## 四、衰减(attenuation)

声能随着距离增加而减少。



**原因：**大界面的反射  
小界面的散射  
介质的吸收<sup>4</sup>。

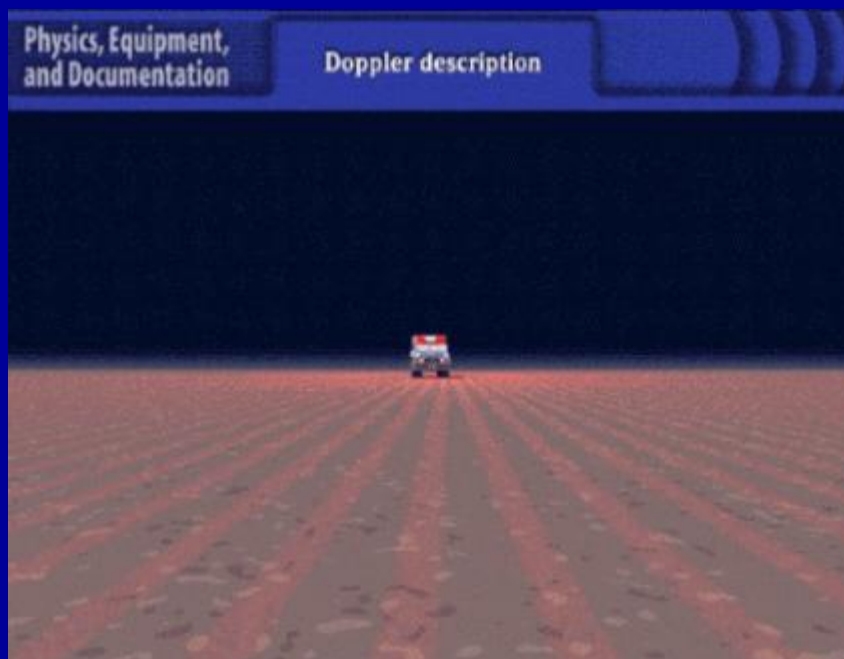


## 五、分辨力和穿透力

- 1、空间分辨力：区分相邻两点最小距离的能力。
- 2、对比分辨力：区分回声强度的能力。
- 3、穿透力：能有效地收取和显示回声信号的最大深度。

## 六、多普勒效应 (Doppler effect)

**定义：**声源与接收器存在相对运动引起的接收频率和发射频率之间的差别称为**多普勒频移**。这种物理效应为**多普勒效应**。



# 六、多普勒效应 (Doppler effect)

## 多普勒频移的公式

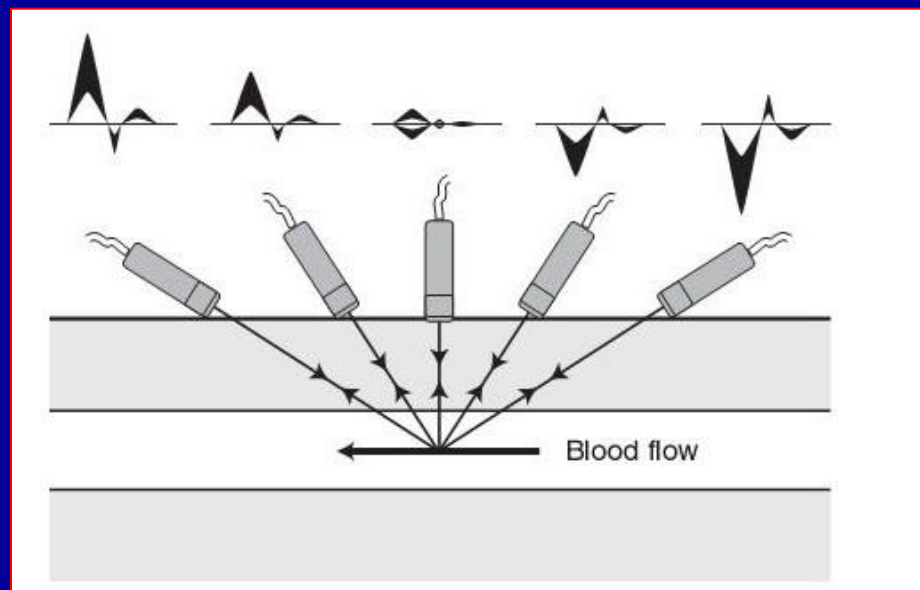
$$f_d = 2f_0 \cdot v / c \cdot \cos \theta$$

$f_0$  原发射频率

$v$  为血流运动速度

$c$  为声速

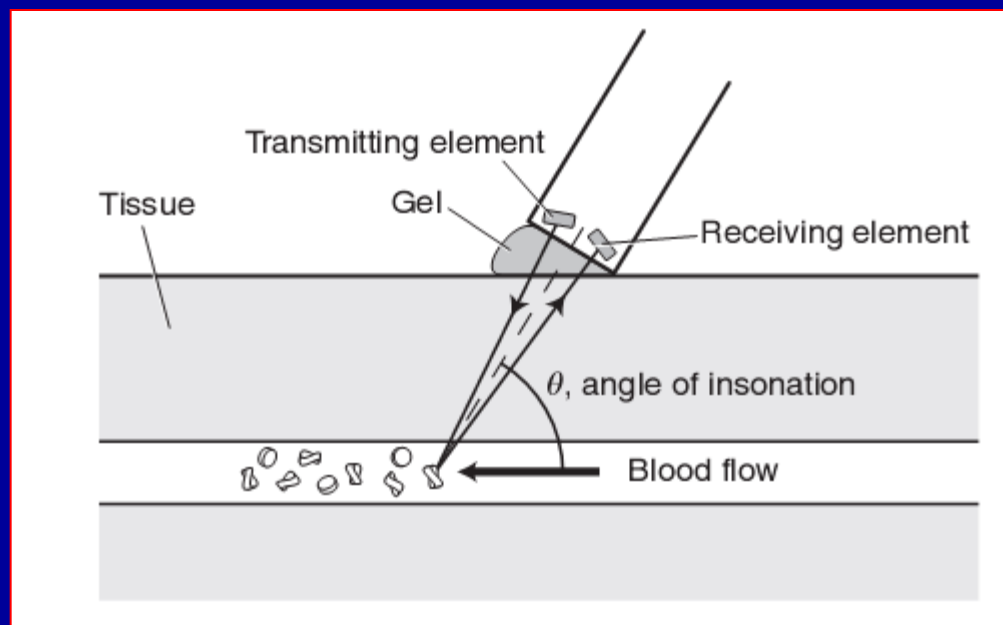
$\theta$  为声速与血流运动的夹角



# 多普勒效应 (Doppler effect)

在超声医学诊断中，超声多普勒技术可用于检测心血管内的血流方向、流速和湍流程度、横膈的活动以及胎儿的呼吸等。

探头工作时，换能器发出超声波，由运动着的红细胞发出散射回波，再由接收换能器接收此回波，可实现血流的成像。



## 作业一：

1. 解释超声物理量：波长、频率、声速及声特性阻抗。分别说明这些物理量是如何影响超声检测及成像的？
2. 解释超声物理特性：指向性、反射与折射，散射与绕射。分别说明这些物理特性是如何影响超声检测及成像的？
3. 解释超声多普勒效应。给出其用于血流速度检测的原理。