



# 中华人民共和国医药行业标准

YY/T 1089—2007  
代替 YY/T 91089—1999

---

## 单元式脉冲回波超声换能器的 基本电声特性和测量方法

Electroacoustic characteristics and measurement methods of  
single element pulse-echo ultrasonic transducers

2007-01-31 发布

2008-01-01 实施

---

国家食品药品监督管理局 发 布

## 前 言

本标准代替 YY/T 91089—1999《单元脉冲 回波超声换能器一般技术要求和测量方法》。

本标准与 YY/T 91089—1999 的主要差异是：

——由于本标准修改为方法标准，故标准名称改为《单元式脉冲回波超声换能器的基本电声特性和测量方法》，并删去了一般技术要求、检验规则、包装、贮存、标志、运输等内容。

——改正了原标准的错误。

——按最新版本更新了规范性引用文件。

本标准由国家食品药品监督管理局提出。

本标准由全国医用超声设备标准化分技术委员会归口。

本标准由国家武汉医用超声波仪器质量监督检测中心起草。

本标准起草人：忙安石、王志俭、白德念。

本标准的历次版本为：

——ZB C41 010—1988；

——YY/T 91089—1999。

# 单元式脉冲回波超声换能器的 基本电声特性和测量方法

## 1 范围

本标准规定了单元式脉冲回波超声换能器的术语和定义、基本电声特性及其测量方法。

本标准适用于收发兼用的压电型单元式脉冲回波超声换能器,其有效辐射面的直径不大于30 mm,工作频率范围为1 MHz ~10 MHz。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB 3102.7—1993 声学的量和单位

GB/T 3238—1982 声学量的级及其基准值

GB/T 3947—1996 声学名词术语

## 3 术语和定义

GB 3102.7—1993 和 GB/T 3947—1996 中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

#### 界面 interface

在超声波传播路径中,区别和分隔两种不同性质媒质的面。

注:GB/T 3947—1996 中 interface 译为“接口”。

### 3.2

#### 猝发音 tone burst

由一系列间断的正弦波组成的一种脉冲,用作窄带激励信号,本标准规定每个脉冲内填充15~20个周期的正弦波。

### 3.3

#### 焦距 focal length

由聚焦换能器的辐射面中心,沿声束轴线到焦平面的距离。

### 3.4

#### 焦深 depth of focus

沿声束轴线,焦平面两侧四倍聚焦面积的点之间的距离。

### 3.5

#### 焦面积 focal area

焦平面上声束的横截面积。

### 3.6

#### 焦平面 focal surface

聚焦换能器的最小声束横截面积所在的平面。

## 4 基本电声特性

本标准所规定的超声换能器基本电声特性参数如表 1 所列。

表 1 基本电声特性参数<sup>a</sup>的符号、单位、定义和测量方法

序号	特性参数	符 号	单 位	定 义	测量方法
1	脉冲回波最大响应时频率	$f_p$	MHz	由参考平面反射回来的第一次脉冲回波的频谱中, 最大幅值处的频率	见 6.1 或 6.2
2	脉冲回波频带宽度	$\Delta f$		由参考平面反射回来的第一次脉冲回波的频谱中, 在最大幅值频率高低两侧, 比最大幅值低 6 dB 的两个频率之差, 即: $\Delta f = f_h - f_l$	
3	脉冲回波中心频率	$f_c$		根据 $f_h$ 和 $f_l$ 值, 由 $(f_h + f_l)/2$ 算出的频率	
4	相对脉冲回波灵敏度级	$M$	dB	由参考平面反射回来的第一次脉冲回波电压最大幅值 $U_{\max}$ 与被测换能器相应的激励电压 (对应频率 $f_c$ ) 峰值 $U_0$ 之比的对数值: $M = 20 \lg \frac{U_{\max}}{U_0}$	见 6.1
5	脉冲回波宽度 (持续时间)	$\tau_{-20 \text{ dB}}$	$\mu\text{s}$	由参考平面反射回来的第一次脉冲回波电压, 在最大幅值电压高低两侧, 从最大幅值下降到 20 dB (10%) 时两点间的持续时间	见 6.3
6	发射电压响应级	$S_{VL}$	dB	由被测换能器所产生的峰值声压 $p$ 与其激励电压峰值 $U_0$ (对应频率 $f_c$ ) 之比的对数值: $S_{VL} = 20 \lg \frac{p}{U_0}$ , 以 $1 \mu\text{Pa/V}$ 为基准值	见 6.4
7	发射波束宽度	$B_V (-6 \text{ dB}),$ $B_V (-20 \text{ dB})$	mm	在包括声轴的参考平面内 (对应频率 $f_p$ ), 在给定测量距离处与声轴垂直的直线上, 声轴两侧比轴上最大声压低 6 dB 和 20 dB 处的两点间距离	见 6.5
8	脉冲回波波束宽度	$B_I$ (-12 dB)	mm	由参考平面反射回来的第一次脉冲回波, 在包括声轴的参考平面内 (对应频率 $f_p$ ), 在给定测量距离处与声轴垂直的直线上, 声轴两侧比轴上最大声压低 12 dB 处的两点间距离	见 6.6
9	电阻抗或电导纳	$Z_c \quad f_c$ $Y_c \quad f_c$	$\Omega$ S	在自由场条件下, 对应频率 $f_c$ 时, 换能器电输入端所呈现的等效电阻抗或电导纳	见 6.7
10	介电绝缘性	$I_i$	$\mu\text{A}$	在某一规定电压下, 允许流过换能器端面 (与病人接触面) 的泄漏电流, 即能承受某一击穿电压和允许最小漏电流的能力	见 6.8

<sup>a</sup> 对某些专用换能器, 制造厂应根据临床诊断需要提供必要的特性参数。

## 5 测量条件

5.1 全部特性参数的测量, 经环境试验对产品不产生疑义时, 允许在温度  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ , 相对湿度小于 75%, 大气压强  $860 \text{ hPa} \sim 1060 \text{ hPa}$  ( $650 \text{ mmHg} \sim 800 \text{ mmHg}$ ) 条件下进行。

5.2 除电介质绝缘外, 全部特性参数的测量均应在水或与水等效的媒质中, 超声换能器工作于自由场的条件下进行。

5.3 传声媒质应采用除气蒸馏水,温度范围 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$ ,在测量过程中应尽量减少空气再次溶入水中,除非采用特殊的贮存方法,至少应在12 h内进行一次除气。

注:除气方法:在大气压力下,把水煮沸15 min,或将水置于4 000 Pa(30 mmHg)的降压条件下处理3 h,并继续在低压状态下封存3 h后再使用。

5.4 被测换能器的辐射端面和参考反射体表面应清洗干净,不得留有油污和其他物质,测量前应先放入除气水中充分湿润,不得附有气泡。

5.5 被测超声换能器的连接电缆应尽可能符合实际使用条件,如电缆长度不小于50 cm,应采用特性阻抗 $(50\pm 3)\ \Omega$ ,衰减常数不大于 $0.1\ \text{dB}/(\text{cm}\cdot\text{MHz})$ ,电容量小于 $(120\pm 3)\ \text{pF}/\text{m}$ 的高频电缆。

5.6 外界的振动、噪声、电磁场等物理因素不应影响各测量仪器的正常工作。

5.7 使用的各种测量仪器及其配件应根据制造厂提供的说明书按规定操作。

5.8 所使用的各种测量仪器和设备在满足各项技术条件下,在结构和组合上允许加以综合,允许采用按规定程序检定的自动测量系统,其仪器测量误差必须保证在规定范围内。

5.9 本标准所规定的各种测量仪器设备应按表2选用。

表2 测量设备的名称和应满足的技术要求

序号	测量设备名称	主要技术要求	用途
1	猝发音信号发生器或满足相同技术要求的函数信号发生器	脉冲填充频率:不窄于 $0.5\ \text{MHz}\sim 10\ \text{MHz}$ 且连续可调 正弦波周数:15周 重复频率: $50\ \text{Hz}\sim 1.5\ \text{kHz}$ (连续可调) 输出幅值: $1\ \text{V}\sim 20\ \text{V}$ (连续可调) 输出阻抗: $50\ \Omega$	1. 测量相对脉冲回波灵敏度级 2. 测量频率特性
2	脉冲信号发生器	重复频率:不窄于 $50\ \text{Hz}\sim 1\ 200\ \text{Hz}$ 且连续可调 前沿上升时间:小于 $30\ \text{ns}$ 脉冲持续时间: $0.05\ \mu\text{s}\sim 0.1\ \mu\text{s}$ 输出幅值:大于 $50\ \text{V}$ 输出阻抗: $50\ \Omega$	测量回波脉冲宽度
3	通用示波器	频率范围:不小于 $0\sim 30\ \text{MHz}$ 幅值灵敏度:小于 $5\ \text{mV}/\text{div}$ 准确度:优于 $\pm 5\%$ 输入阻抗:大于 $1.0\ \text{M}\Omega$ 、小于 $30\ \text{pF}$	观测波形
4	数字频率计	频率范围:不窄于 $100\ \text{kHz}\sim 20\ \text{MHz}$ 输入电压:不小于 $0.1\ \text{V}\sim 1.5\ \text{V}$ 测量相对误差:不大于 $0.1\%$	监测频率
5	高频衰减器	频率范围:不窄于 $100\ \text{kHz}\sim 20\ \text{MHz}$ 输入输出阻抗: $50\ \Omega$ 最大衰减量:大于 $60\ \text{dB}$ 准确度: $0.5\% A\pm 0.05\ \text{dB}$ (A为衰减量,dB读数) 最小衰减间隔: $0.1\ \text{dB}$ 引入损耗:小于 $0.15\ \text{dB}$	比较和标定幅值
6	高频阻抗/导纳电桥	频率范围:不窄于 $100\ \text{kHz}\sim 20\ \text{MHz}$ 低阻抗测量范围: $0.5\ \Omega\sim 32\ \Omega$ 导纳测量范围: $0.5\ \text{S}\sim 32\ \text{S}$ 测量误差:小于 $\pm 5\%$	测量换能器的电阻抗或电导纳

表 2 (续)

序号	测量设备名称	主要技术要求	用 途
7	交流毫伏表	频率范围:30 Hz~1 000 Hz、小于 1 mV 测量误差:±2%	通过取样网络测量换能器的介电绝缘性
8	频谱分析仪	频率范围:不窄于 100 kHz~30 MHz 通频带:(3~100) kHz±3 dB(连续可调)、小于 150 μV 衰减器读数误差:小于±1.0 dB	测量脉冲回波频率特性
9	MHz 级测量水听器	频率范围:不窄于(0.5~10) MHz、不平坦度±3 dB 灵敏度:在 60 dB 动态范围内不低于-265 dB (0 dB=1 V/μPa) 非线性偏差:小于±0.5 dB 敏感件线度:小于 2 mm 敏感件尺寸不大于 0.6 mm 时的灵敏度:不低于-275 dB	测量声场
10	消声水槽	尺寸:详见 5.12,自由场偏差小于±1.0 dB,应有六个自由度并可连续调节的坐标系统 X 轴、Y 轴、Z 轴调节准确度:±0.2 mm 绕 X 轴、Y 轴、Z 轴旋转的角度调节准确度:±0.2°	测量电声特性参数
11	放大器	通频带:(0.1~20) MHz 放大系数:40 dB 放大系数调节范围:(0~40) dB	测量脉冲回波频率特性
12	选通门	连续可调选通门宽度:0.5 μs~100.0 μs 最大输出电压:1 V 选通门外信号衰减:40 dB	

## 5.10 对固态反射体的要求为:

- 工作表面应垂直于声轴;
- 所用材料的声特性阻抗应大于  $10.0 \times 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s/m}$ ;
- 厚度应足够大(通常不小于 30 mm),以使来自前后两个表面的反射波能够清晰分开;
- 横向尺寸应足够大,至少三倍于声束截面积的线度(通常不小于 100 mm);
- 表面平行度偏差不大于 0.02 mm,或在水中波长的 1/20 以内;
- 工作表面的粗糙度  $R_z$  小于  $0.63 \mu\text{m}$ ,或在水中波长的 1/100 以内;
- 所用材料应具有耐腐蚀能力(通常采用不锈钢材料)。

5.11 被测换能器的夹持机构 被测换能器应安装在具有六个自由度的调节机构的夹持架上,应防止支架振动,能使被测换能器的有效声轴中心对准目标。

## 5.12 对消声水槽的要求 消声水槽是测量换能器各项参数的主体装置,其要求为:

- 水槽内应具有较好的近似自由声场条件,为此应在其内壁铺设吸声内衬,该内衬在工作频段内的吸声系数应不小于 0.99(回声降低不小于 20 dB);
- 水槽尺寸应满足式(1)(参考图 1):

$$l > s_0 + c\tau$$

$$b = h > (2s_0c\tau + c^2\tau^2)^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$l$  ——水槽长度,单位为米(m);

$s_0$ ——被测换能器至靶或水听器间距离,单位为米(m);

$c$ ——水中声速,单位为米每秒(m/s);

$\tau$ ——脉冲宽度,单位为秒(s);

$b$ ——水槽宽度,单位为米(m);

$h$ ——水槽高度,单位为米(m)。

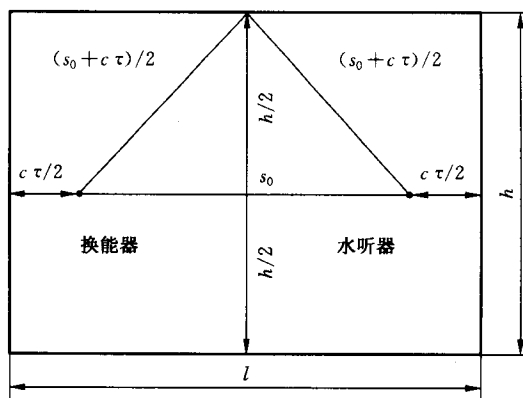


图 1 水槽尺寸

## 6 测量方法

### 6.1 频率特性和相对脉冲回波灵敏度级的测量方法

#### 6.1.1 按图 2 连接各测量单元装置。

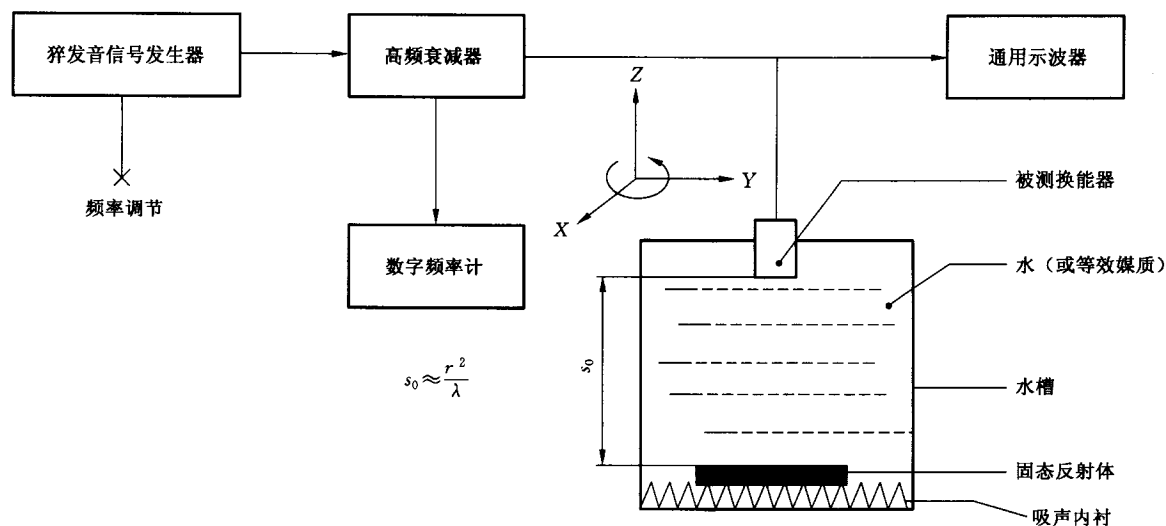


图 2 测量换能器频率特性和相对脉冲回波灵敏度级的原理图

#### 6.1.2 被测换能器至固态反射体距离 $s_0$ 的选取,应使固态反射体位于换能器声束中最大声强点处。

对于圆形换能器用式(2)计算  $s_0$  :

$$s_0 \approx \frac{r^2}{\lambda} \dots\dots\dots (2)$$

对于方形换能器( $A \times A$ )用式(3)计算  $s_0$  :

$$s_0 \approx \frac{A^2}{\pi\lambda} \dots\dots\dots (3)$$

YY/T 1089—2007

对于矩形换能器( $A \times B$ )用式(4)计算  $s_0$  :

$$s_0 \approx \frac{A^2}{\pi\lambda} \text{ 和 } \frac{B^2}{\pi\lambda} \dots\dots\dots(4)$$

注: 对每个边长,视需求的方向,有不同的距离。

式中:

$r$  ——换能器有效辐射面半径,单位为米(m);

$A$  ——换能器有效辐射面边长,单位为米(m);

$B$  ——换能器有效辐射面边长,单位为米(m);

$\lambda$  ——换能器标称频率的水中波长,单位为米(m)。

6.1.3 对聚焦换能器,壳体上标注的焦距即为  $s_0$ ,当换能器的焦距远大于相同尺寸的非聚焦换能器对应的距离时,应按非聚焦换能器的  $s_0$  处理。

6.1.4 按规定操作程序开启各测量仪器。

6.1.5 调节被测换能器方位和角度,由通用示波器进行观测,使第一次回波幅值最大。

6.1.6 调节猝发音信号发生器频率使之处于被测换能器标称频率范围内。

6.1.7 调节高频衰减器,使被测换能器激励电压的峰-峰值  $U_0$  为某一参考值,均匀调节频率,保持  $U_0$  恒定,其信号波形如图 3 所示,找出第一次回波幅值最大响应时的频率  $f_p$ (如图 4)。

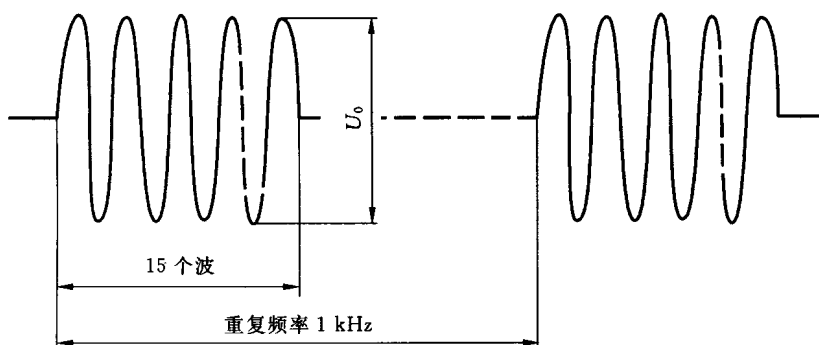


图 3 猝发音信号波形参数

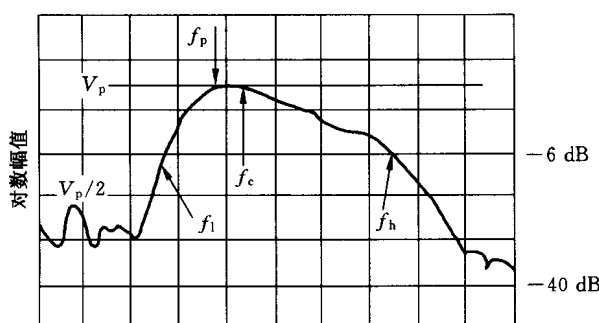


图 4 频率-振幅谱的标绘图

6.1.8 在 $(-40 \sim 0)$  dB 幅值范围,给出 30 个以上的均匀频率点(如图 4)。

6.1.9 找出回波幅值下降 6 dB 处高低两个频率点( $f_h$ 、 $f_l$ )。

6.1.10 按式(5)求出中心频率  $f_c$  :

$$f_c = \frac{f_h + f_l}{2} \dots\dots\dots(5)$$

注: 如由此算出的  $f_c$  值对应的波长  $\lambda_c$ ,与由式(2)算出的距离  $s_0$  对应的水中标称波长相比,两者相差达  $\pm 10\%$  以上,应反复修正距离  $s_0$ ,并重复上述测量,直至达到要求。



6.1.11 按式(6)求出带宽  $\Delta f$ :

$$\Delta f = f_h - f_l \quad \dots\dots\dots(6)$$

6.1.12 调节猝发音信号发生器输出电压  $U_0$ , 使第一次回波峰-峰值  $U_{\max}$  为某一规定值, 如图 5 所示, 用式(7)计算出相对脉冲回波灵敏度  $M$ :

$$M = 20 \lg \frac{U_{\max}}{U_0} \quad \dots\dots\dots(7)$$

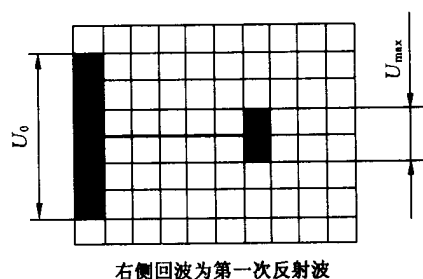


图 5  $U_0$  和  $U_{\max}$  在屏幕上的示意图

测量换能器频率特性时, 除猝发音信号标绘外, 允许使用频谱仪分析法, 并相应地采用脉冲信号发生器作为信号源, 详见 6.2。

## 6.2 频谱分析方法

6.2.1 按图 6 连接各测量装置。

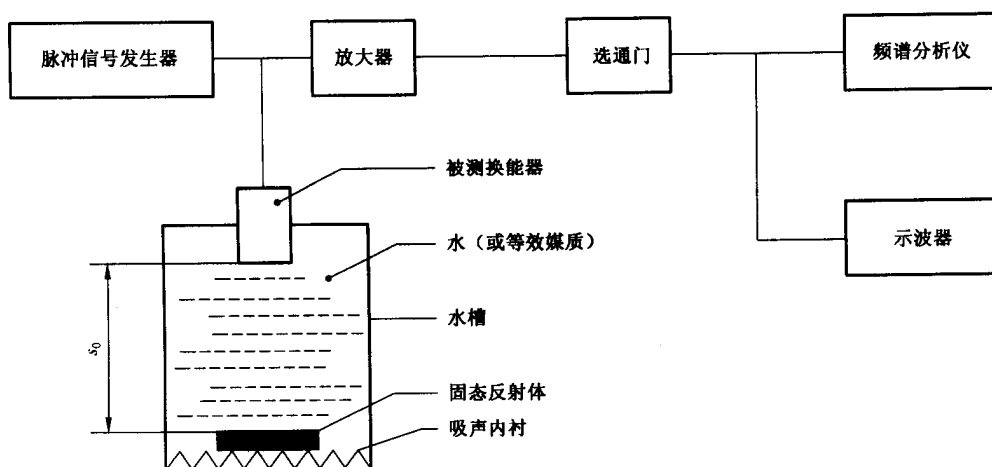


图 6 频谱法工作原理图

6.2.2 被测换能器至固态反射体的距离  $s_0$ , 按 6.1.2 和 6.1.3 调节。

6.2.3 按规定操作程序开启各测量仪器。

6.2.4 调节被测换能器方位和角度, 由通用示波器进行观察, 使第一次回波幅值最大。

6.2.5 调节放大器的衰减器, 使回波幅度小于 1 V。

6.2.6 调节选通门, 使进入频谱分析仪的信号只有第一次回波。选通门长度远大于 -20 dB 的脉冲宽度而又避免其他杂波的影响。

6.2.7 在频谱分析仪上读出  $f_h$  和  $f_l$ 。按式(5)求出中心频率  $f_c$ ; 按式(6)求出带宽  $\Delta f$ 。

## 6.3 回波脉冲宽度的测量方法

6.3.1 按图 7 连接各测量单元装置。

YY/T 1089—2007

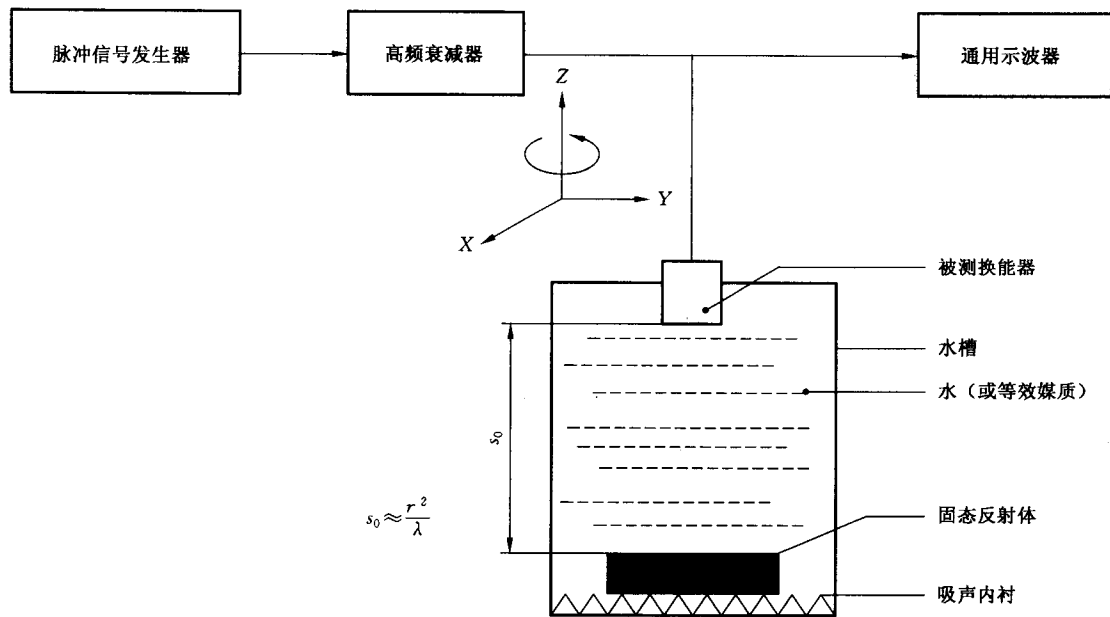


图 7 测量回波脉冲宽度的原理图

- 6.3.2 按规定操作程序开启各测量仪器。
- 6.3.3 调节被测换能器方位,使第一次回波幅值最大。
- 6.3.4 测出第一次回波脉冲峰值两侧幅度下降到 20 dB(10%)范围内的脉冲持续时间(如图 8)。

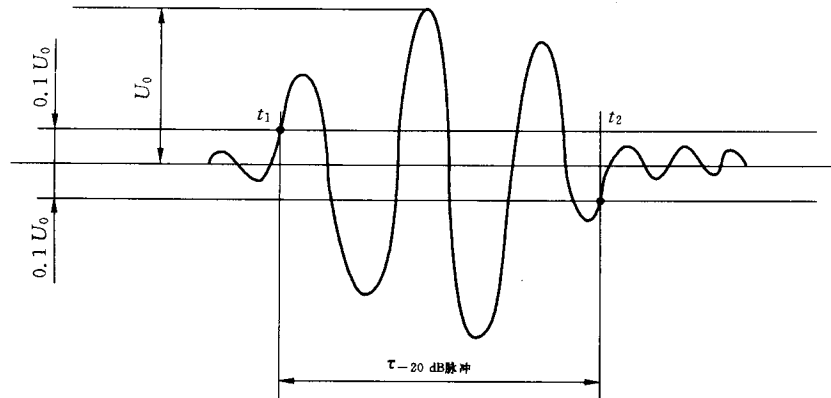


图 8 -20 dB 脉冲宽度波形图

#### 6.4 发射电压响应级的测量方法

- 6.4.1 按图 9 连接各测量单元装置。
- 6.4.2 被测换能器至水听器的距离  $s_0$ , 应满足远场条件。
- 6.4.3 按规定操作程序开启各测量仪器。
- 6.4.4 调节猝发音信号发生器的频率为  $f_c$ , 输出某一参考电压  $U_0$ 。反复调节坐标传动机构, 使被测换能器对准水听器声轴(示波器屏幕上幅值最大), 测出由水听器接收的输出开路电压  $U$ 。
- 6.4.5 用式(8)算出发射电压响应  $S_V$ :

$$S_V = \frac{U}{U_0} \cdot \frac{s_0'}{M_j} \dots\dots\dots (8)$$

注: 参数距离为 1 m, 发射电压响应级  $S_{VL}$  则为:

$$S_{VL} = 20 \lg U - 20 \lg U_0 - M_{jL}$$

式中：

$U$  ——水听器输出端开路电压,单位为伏(V);

$U_0$  ——被测换能器的激励电压,单位为伏(V);

$M_j$  ——水听器的自由场电压灵敏度<sup>1)</sup>,单位为伏每帕(V/Pa);

$M_{jL}$  ——水听器的自由场电压灵敏度级<sup>2)</sup>,单位为分贝(dB);

$s_0'$  ——被测换能器至水听器的距离,单位为米(m)。

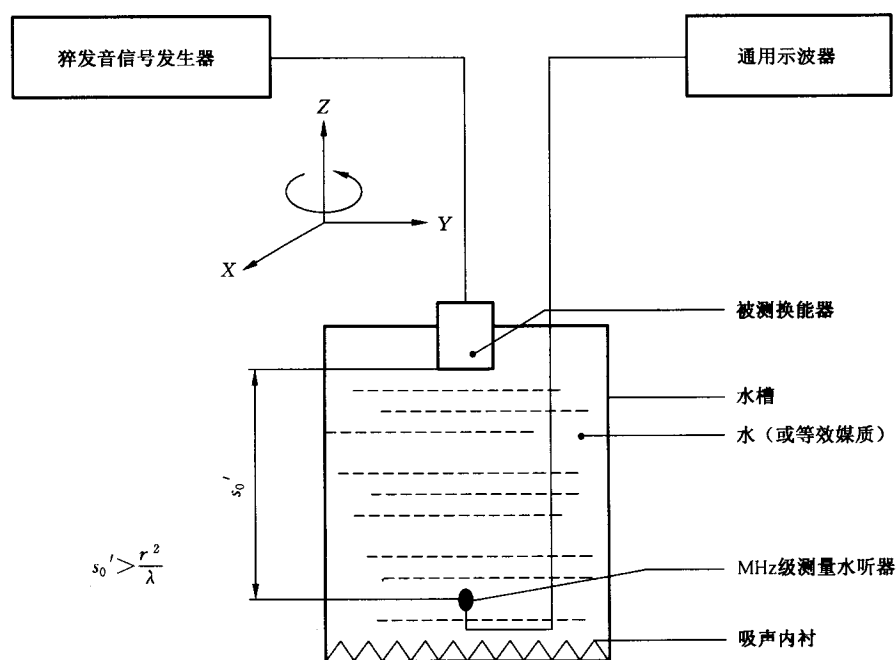


图9 测量发射电压响应级的原理图

## 6.5 发射波束宽度的测量方法

6.5.1 按图10连接各测量单元装置。

6.5.2 按规定操作程序开启各测量仪器。

6.5.3 保持激励换能器的脉冲电压幅值恒定。

6.5.4 调节坐标传动机构,对准水听器,坐标原点应与被测换能器的有效声中心重合,以该点为测量波束宽度的起点。

注：使用手动坐标调节机构,应注意角度误差和极值位置,如果转动系统有回差,应朝一个方向转动。

6.5.5 以声轴中心为基准峰值(0 dB),调节坐标中Z轴,分别在以下四个位置(如图11):

- 在声轴上被测换能器端面至水听器 1 mm 处；
- 在声轴上被测换能器端面至水听器最大声强点距离  $s_0$  处(对聚焦换能器为焦距  $S_F$ 处)；
- 在声轴上被测换能器端面至水听器  $s_0/2$  处；
- 在声轴上被测换能器端面至水听器  $2 s_0$ 处,记下声轴两侧水听器接收信号电压峰值比声轴上信号电压峰值下降 6 dB(0.5)和 20 dB(0.1)处的距离角宽度。

1) 水听器的自由场电压灵敏度  $M_j$ : 水听器输出端开路电压  $U$  与在声场中引入水听器前存在于水听器声中心位置处的自由场声压  $P$  的比值。单位 V/Pa。以数字式表示为:  $M_j = U/P$ 。

2) 水听器的自由场电压灵敏度级  $M_{jL}$ : 自由场灵敏度  $M_j$  与其基准值  $M_r$  之比值的以 10 为底的对数乘以 20。单位为 dB(0 dB=1 V/ $\mu$ Pa)。以数字式表示为:  $M_{jL} = 20 \lg (M_j/M_r)$ 。

YY/T 1089—2007

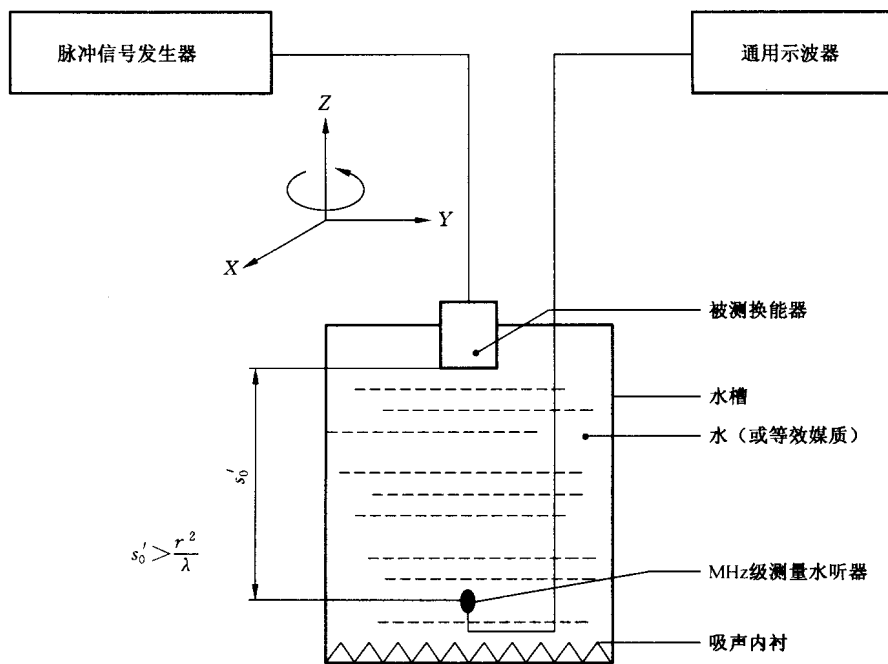


图 10 测量发射波束宽度的原理图

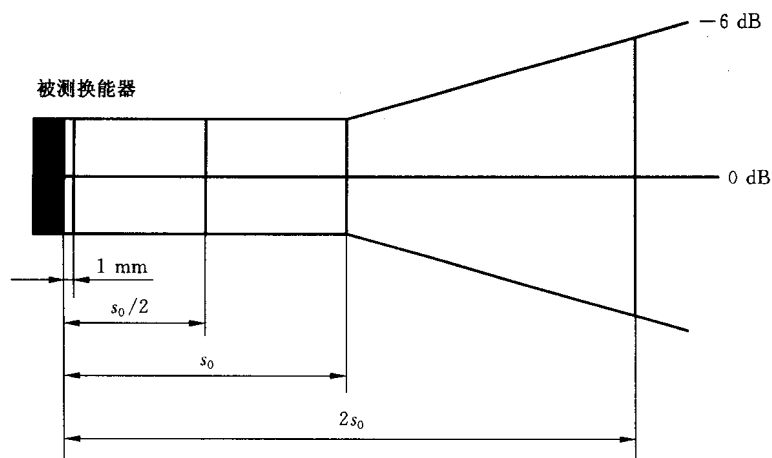


图 11 被测换能器声场中四个位置的波束宽度几何图

对聚焦换能器波束宽度的测量，采用图 12 的几何图选择四个距离。

聚焦换能器的焦深  $F_d$  可用式(9)近似算出：

$$F_d \approx \frac{2r_1 \cdot S_F}{(r_2 - r_1)} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$S_F$ ——焦距，单位为米(m)；

$r_1$ ——焦距处焦面积的半径，单位为米(m)；

$r_2$ —— $2 S_F$ 处焦面积的半径(离轴声压下降 6 dB 处)，单位为米(m)。

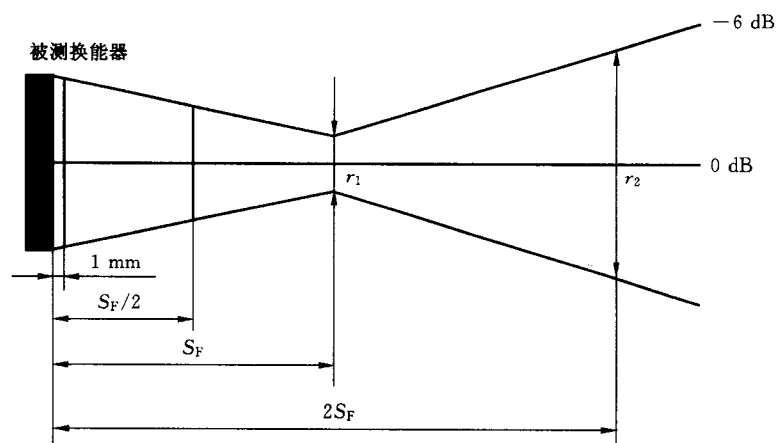


图 12 聚焦换能器声场中四个位置的波束宽度几何图

## 6.6 脉冲回波波束宽度的测量方法

### 6.6.1 按图 13 连接各测量单元装置。

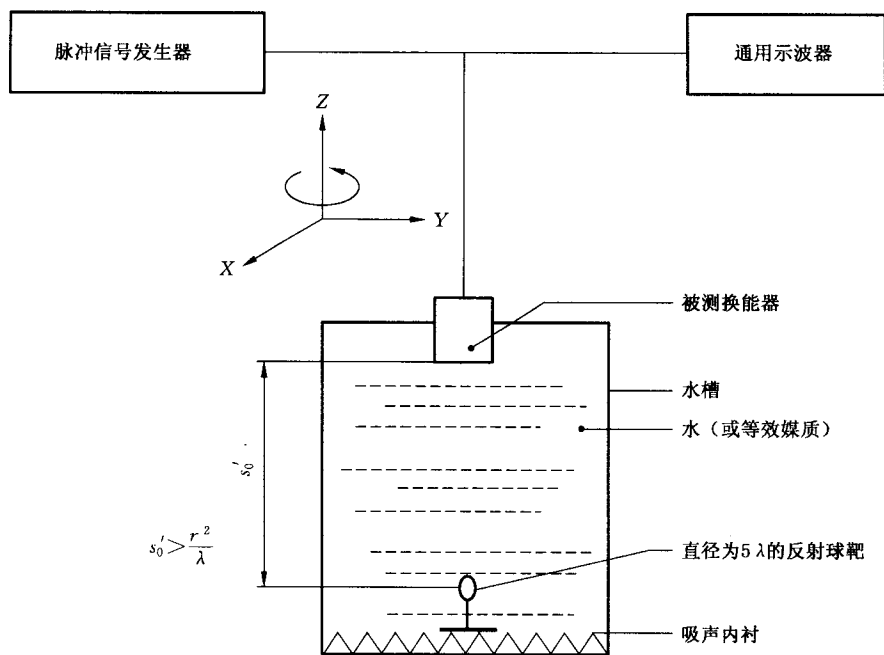


图 13 测量脉冲回波波束宽度的原理图

6.6.2 按规定操作程序开启各测量仪器。

6.6.3 保持激励换能器的脉冲电压幅值恒定。

6.6.4 调节坐标传动机构,对准反射球靶,坐标原点应与被测换能器的有效声中心重合,以该点为测量波束宽度的起点。

以下步骤同 6.5.5。其中水听器处为反射球靶,只测量离声轴第一回波声压下降 12 dB(0.25)处的波束宽度,用相应的  $2 S_F$  处焦面积的半径,代入式(9)计算焦深。

## YY/T 1089—2007

## 6.7 电阻抗或电导纳的测量方法

## 6.7.1 按图 14 连接各测量装置。

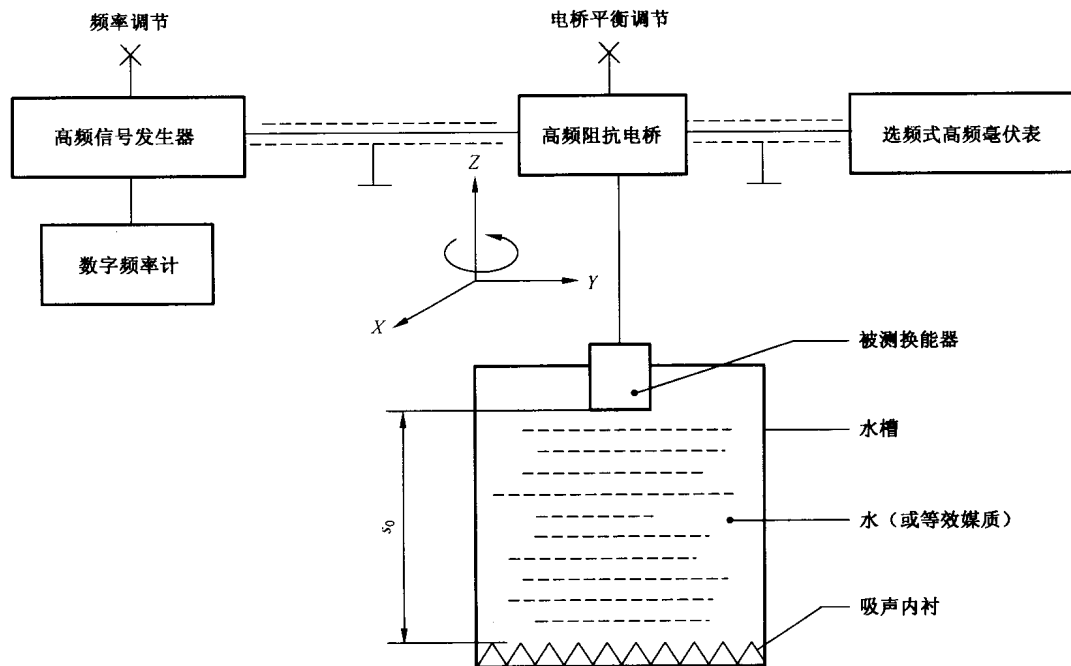


图 14 测量电阻抗的原理图

6.7.2 所有接地和连接状态、接口特性应尽可能与被测换能器实际使用条件相同。连线要正确，接地和屏蔽要良好，以减少电气分布参数和干扰的影响。

6.7.3 调节高频信号发生器的频率为被测换能器的中心频率  $f_c$ ，其输出信号电压幅值视电桥要求而定。

6.7.4 调节阻抗电桥使之平衡，从电桥直接读出换能器等效并联电导  $G_e$ 、电纳  $B_e$  或等效串联电阻  $R_e$  和电抗  $X_e$ ，电阻抗  $Z_e$ 、电导纳  $Y_e$  按式(10)、式(11)计算：

$$Z_e = R_e + jX_e \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$Y_e = G_e + jB_e \quad \dots\dots\dots(11)$$

式中：

$Y_e$ ——电导纳，单位为西门子(S)；

$Z_e$ ——电阻抗，单位为欧( $\Omega$ )。

他们之间的关系见式(12)：

$$Z_e = \frac{1}{Y_e} \quad \dots\dots\dots(12)$$

电流和电压之间的电抗(相位)角  $\Psi$  见式(13)：

$$\Psi = \arctg \frac{B_e}{G_e} \quad \dots\dots\dots(13)$$

电抗和电阻之间的阻抗(相位)角  $\theta$  见式(14)：

$$\theta = \arctg \frac{X_e}{R_e} \quad \dots\dots\dots(14)$$

## 6.8 换能器介电绝缘性的测量方法

### 6.8.1 按图 15 连接各测量装置。

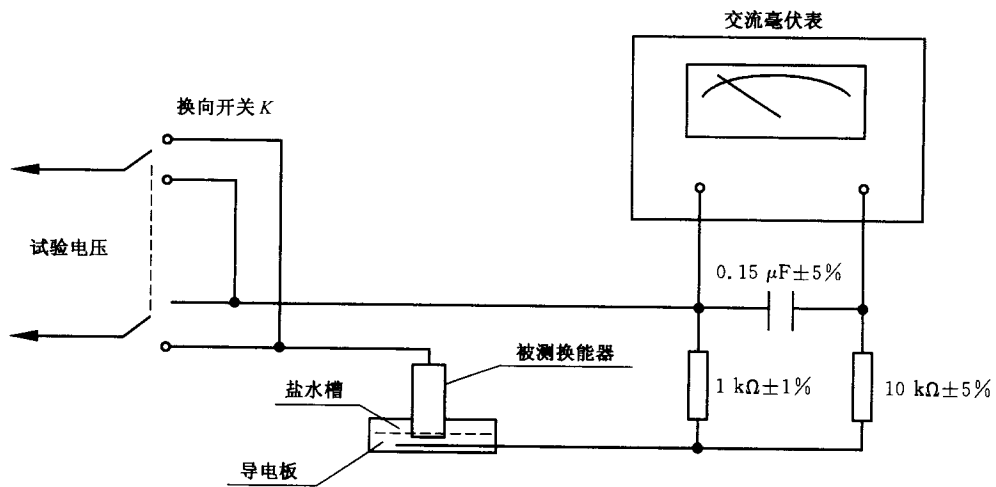


图 15 测量换能器介电绝缘性的原理图

- 6.8.2 将被测换能器端面(即与患者体表接触的辐射表面)及壳体(不包括接插件部分)浸入 3% 的盐溶液 30 min。
- 6.8.3 将被测换能器端面经盐溶液与导电板接触良好。
- 6.8.4 将试验电压(三倍于激励换能器脉冲电压峰值的正弦波工频电压)在 10 s 内逐渐升至额定值,保持 1 min。
- 6.8.5 改变换向开关  $K$ , 读出两次测量中的最高电压值,应小于 50 mV(即漏电流小于 50  $\mu$ A)。
- 6.8.6 测量完毕后,在 10 s 内逐渐将试验电压降到零。

中华人民共和国医药  
行 业 标 准  
单元式脉冲回波超声换能器的  
基本电声特性和测量方法  
YY/T 1089—2007

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 27 千字  
2007 年 7 月第一版 2007 年 7 月第一次印刷

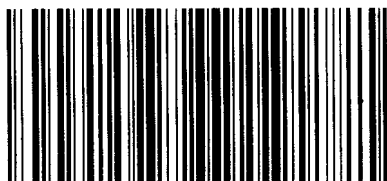
\*

书号: 155066·2-17702 定价 18.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



YY/T 1089—2007