



中华人民共和国国家标准

GB/T 18694—2002
eqv ISO 10375:1997(E)

无损检测 超声检验 探头及其声场的表征

Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—
Characterization of search unit and sound field

2002-03-10 发布

2002-08-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

目 次

前言	Ⅱ
ISO 前言	Ⅳ
引言	V
1 范围	1
2 引用标准	1
3 符号	1
4 测试方法和规程	2
4.1 测试装置	3
4.2 时域响应	6
4.3 频率响应	6
4.4 自由声场参数	7
4.5 回波测量	10
4.6 阻抗	11
4.7 相对灵敏度	11
附录 A(标准的附录) 标准试块	15

前 言

本标准等效采用 ISO 10375:1997(E)《无损检测 超声检验 探头及其声场的表征》。

为了可重复性地获取材料内有关缺陷的信息,必须对超声脉冲的发生、发射和接收作出适当规定、控制和表征。为了保证超声检验结果的精确性和重现性,需要了解探头的性能及其声场分布,并规定可采用的测试方法。

本标准推荐方法可在实验室条件下测定超声探头性能参数,其中包括中心频率、带宽、近场长度、半扩散角、场深(焦点长度)、声束直径和焦距。本标准对探头性能参数测量的规定,适用于液浸探头和接触探头。本标准还是获取自由声场测量参数和脉冲回波测量参数的导则。

本标准通过对探头在工作状态下回波信号作出频域和时域响应、声场、截面声压分布、电阻抗和相对灵敏度的测定,使探头性能以独立于探伤仪的本体性能得到了较为全面的体现。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:上海材料研究所。

本标准主要起草人:华云波。

本标准委托上海材料研究所负责解释。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是国家标准化机构(ISO 成员国机构)的国际联盟。国际标准的制定常由 ISO 技术委员会实施,每个成员国机构都有权参加他感兴趣的项目技术委员会,同 ISO 保持联络的国际组织、政府和非政府机构也参与其工作。ISO 同处理电工标准化事务的国际电工委员会(IEC)紧密合作。

由技术委员会草拟的国际标准由成员国机构投票表决,至少要参加投票的成员国机构 75%以上同意票才能作为国际标准发布。

国际标准 ISO 10375 由 ISO/TC 135 无损检测技术委员会,SC 3 声学方法分委员会起草。

引 言

在超声检测中,材料的不完善性,或通常被称之为缺陷的检出和评价,是通过声脉冲来实现的。为了可重复性地获取材料内有关缺陷的信息,必须对超声脉冲的发生、发射和接收作出适当规定、控制和表征。为了保证超声检验结果的精确性和重现性,那就需要了解探头(也称之为换能器,以下均称为探头)的性能及其声场,以及所采用的测试方法。出于对超声探头全面描述的需要,或者是为了挑选适合于某项检测工作的探头的需要,必须在各方都接受的基础上建立一套超声探头的性能参数。本标准所述方法可在实验室条件下测定超声探头的性能参数,如中心频率、带宽、近场长度、半扩散角、场深(焦点长度)、声束直径和焦距。本标准对探头性能参数测量手段所作出的规定,既适用于液浸探头,也适用于接触探头。本标准还给出了获取自由声场测量参数和脉冲回波测量参数的导则,给出了计算这些参数的实例。

本标准所提供的测量技术和方法,可达到以下目的:

- a) 挑选和规定探头性能;
- b) 检验和保证探头使用期内性能的一致性;
- c) 便于选择同样的或可等效取代的探头;
- d) 在对使用不同仪器、不同的设备配置,由不同操作人员在不同测定时间和时期获得的结果作比较时,提供一个可以比较的基础。

中华人民共和国国家标准

无损检测 超声检验 探头及其声场的表征

GB/T 18694—2002
eqv ISO 10375:1997(E)

Non-destructive testing—Ultrasonic inspection—
Characterization of search unit and sound field

1 范围

本标准规定了超声探头的某些性能和探头声场的测试方法。本标准的目的在于建立统一的测试方法,以形成一个评估基础,对在不同实验室和不同时期的测定结果进行评估。本标准没有规定探头的验收标准,但为采用本标准的各方规定验收标准奠定了技术基础。

本标准适用于标称频率为 0.5~15 MHz 的直探头和斜探头,但不包括表面波探头。本标准给出了探头声场的技术参数及其在液体中的测量方法。本标准没有论及接触检测中的声场测定问题。

本标准给出了用于评价超声探头性能的测定规程和以电脉冲激励现场和实验室使用的探头声场技术参数的测试方法。本标准所讨论的性能参数有以下内容:各种形状探头在自由声场中的高、低端频率,中心频率,波长,带宽,时域和频域响应,近场长度,半扩散角以及回波幅度测量,声束截面声压分布,阻抗和相对灵敏度等。给出了平探头和聚焦探头规定性能的表达形式。

为了给出探头的基准信息和检验可能存在的性能退化,还对独立于超声仪器的探头电性能进行了测量。电阻抗和灵敏度是在各被测探头规定频率下测定的。电阻抗是指探头的输入复阻抗,而探头灵敏度则是对探头电声转换效率的一种度量。有关这两项的测试规程分别在 4.6 和 4.7 叙述。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

JB/T 4730—1994 压力容器无损检测

JB/T 8428—1996 校正钢焊缝超声波检测仪器用标准试块

JB/T 10063—1999 超声探伤用 1 号标准试块 技术条件

3 符号

B_w	带宽,以百分数表示。
C_N	周数。
D	探头换能器元件的有效直径,mm。
d_{FL}	焦距处焦点(声束)直径,mm。
F_D	场深(焦柱长度),mm。
F_L	焦距,mm。
f	探头频率,MHz。
f_1	低端频率(自由声场中比峰值低 3 dB,回波测量时比峰值低 6 dB),MHz。

f_u	高端频率(自由声场中比峰值低 3 dB,回波测量时比峰值低 6 dB),MHz。
f_c	中心频率,MHz。
f_p	峰值频率,MHz。
l_1, l_2	矩形探头的有效边长,mm。
N_0	近场长度,mm。
P_N	波峰个数。
S_r	相对灵敏度,dB。
T_k	介质厚度,即探头至反射体的距离,mm。
T_{PD}	脉冲持续时间, μs 。
v	介质中的声速,km/s。
V_{in}	输入或激励电压信号幅度的峰——峰值,V。
V_{out}	输出电压信号幅度的峰——峰值,V。
x	探头的纵轴方向。
z	垂直于探头前表面的轴向距离,mm。
λ	试验介质中的波长,mm。
α	入射角,(°)。
β	折射角,(°)。
γ	偏斜角,(°)。
Ω	阻抗, Ω 。
θ	半扩散角,(°)。

4 测试方法和规程

超声探头的性能不仅取决于它自身的性能参数,同时也受与之耦合的介质性能影响,超声探头的性能可用波长、中心频率、时域响应、频率和频带等表征。波长、探头频率和波在介质中的传播速度之间有以下关系:

$$\lambda = v/f \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中: v ——试验介质内波的传播速度,km/s;

λ ——波长,mm;

f ——探头频率,MHz。

例 1

a) 当以 5 MHz 的直探头对钢作接触检测时,声脉冲在钢中的纵波波长由以下公式计算:

$$f = 5 \text{ MHz} = 5 \times 10^6 \text{ Hz}$$

钢中的纵波声速为:

$$v_{纵} = 5.85 \text{ km/s} = 5.85 \times 10^6 \text{ mm/s}$$

所以 $\lambda_{纵} = 5.85 \times 10^6 / (5 \times 10^6) = 1.17 \text{ mm}$ (纵波波长)

b) 当以 5 MHz 的斜探头(横波)对钢作接触检测时,声脉冲在钢中的波长按以下公式计算:

$$f = 5 \text{ MHz} = 5 \times 10^6 \text{ Hz}$$

钢中的横波声速为:

$$v_{横} = 3.24 \text{ km/s} = 3.24 \times 10^6 \text{ mm/s}$$

所以 $\lambda_{横} = 3.24 \times 10^6 / (5 \times 10^6) = 0.65 \text{ mm}$ (横波波长)

上述参数采用本标准所述的脉冲回波法测定。为消除无关信号的影响,回波要用无阶跃选通闸门选通。经闸门选通后的回波既作为时域响应分析时示波器的输入信号,也作为频域响应分析时频谱分析仪

的输入信号。用于激励探头的尖电脉冲,要有足够宽的频谱供探头响应的评价。测定时,应记录每次测定所使用的激励脉冲的幅度、反射体类型和探头离反射体的距离。

4.1 测试装置

图1所示为测试装置的示意图。采用脉冲反射法检测时,常用尖电脉冲激励。测试装置由以下几部分组成:脉冲发生器、接收机、选通闸门(或具备闸门选通回波信号输出端口的探伤仪)、示波器、频谱分析仪和探头等。示波器和频谱分析仪的频率范围应不低于50 MHz,测试时应使用50 Ω 的同轴电缆,输入到示波器和频谱分析仪的同轴电缆应接入50 Ω 的终端匹配电阻。探头应由激励脉冲激励,对指定反射体产生的回波信号进行分析。

对于液浸检测,应通过调节探头的入射方向,使反射体表面产生最大幅度的回波。对于液浸检测的声场测定,通常以不锈钢小球或钢丝作为反射体。分析回波波形时,也可使用平板玻璃块之类的平面反射体。钢球的标准直径为4 mm,钢丝的标准直径为2.5 mm。在使用本标准的双方取得一致的情况下,也可采用其他尺寸的球或钢丝。为避免盛液容器的底面反射影响,被作为反射体使用的钢球或钢丝至少应远离底面50 mm以上。图2给出了用一个不锈钢球或一根钢丝横截面和一块玻璃试块作为反射靶的液浸试验装置。

在接触检测中,既使用直声束探头(以下简称直探头)也使用斜声束探头(以下简称斜探头)。使用直探头的接触检测,既有按脉冲反射式工作的单探头检测,也有按一发一收方式工作的双探头检测。测定声场时,要用具有多个厚度层的阶梯试块,要采用矿质油或甘油之类的适当耦合剂,探头与试块接触面之间的压力应保持均匀,所用试块的厚度应大于所用激励脉冲振铃宽度的当量距离,试块平正度和平行度应优于0.02 mm,试块前后表面的粗糙度应在1.6~3.2 μm 之间。图3所示为在阶梯试块上进行的接触测试。

斜声束可用两种方法获得,一种是使换能器元件在探头内与探头之 z 轴形成一夹角(上述夹角以术语入射角 α 表示);另一种方法是在直探头上安装一块斜楔,辐射到材料内的斜声束既可以是折射纵波,也可以是折射横波。

对于接触检测用斜探头的测试,应使用JB/T 10063规定的试块,要把探头安放在能使声束射向R100圆弧面的方向,移动探头位置,使之能接收到最大回波,在1号标准试块上R100圆弧面的圆心所对应的探头位置标出探头的入射点,此点也是超声束在探头上的出射点。

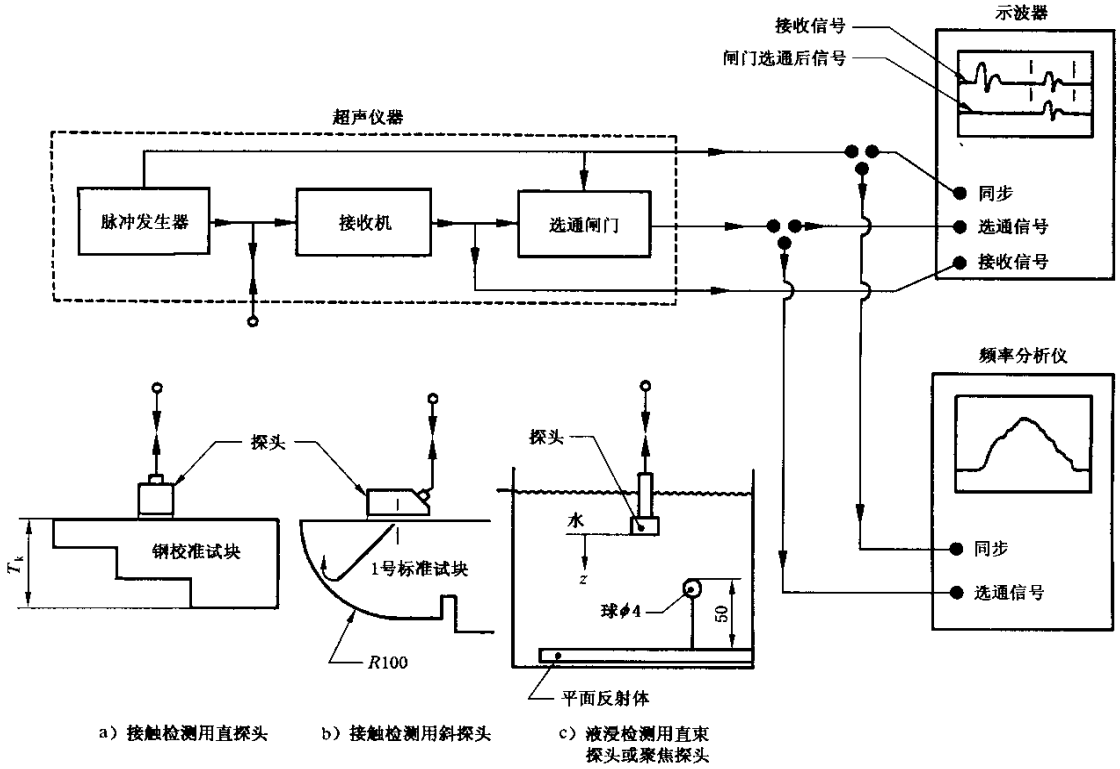
探头入射点确定以后,再按下述方法测定探头折射角 β ,它是辐射声束轴线与被检表面法线之夹角。对于折射角介于40°到75°的探头,要使探头声束射向直径50 mm的通孔,在1号标准试块上探头入射点所对应的刻度值即为探头折射角的值。对于折射角在80°左右的探头,要使探头声束射向直径1.5 mm的通孔。测定时,要移动探头位置,使之能接收到最大回波,此时在1号标准试块上探头入射点所对应的刻度值即为探头折射角的值,偏斜角 γ 是声束同探头纵轴方向 X 的偏斜角度。

探头波形分析要采用从1号标准试块上R100圆弧面的反射回波,对于工作在一发一收模式的两个斜探头的波形分析,要采用在1号标准试块的平面上获得的最大反射信号。

图4示出了接触检测测定时采用的斜探头和1号标准试块。测定宽束斜探头时,所用反射体宽度至少要同被测斜探头换能器元件的直径一样。

进行波形分析时,要对经闸门选通后的参考试块背面(即无限大反射体)回波作时域和频域响应的表征。

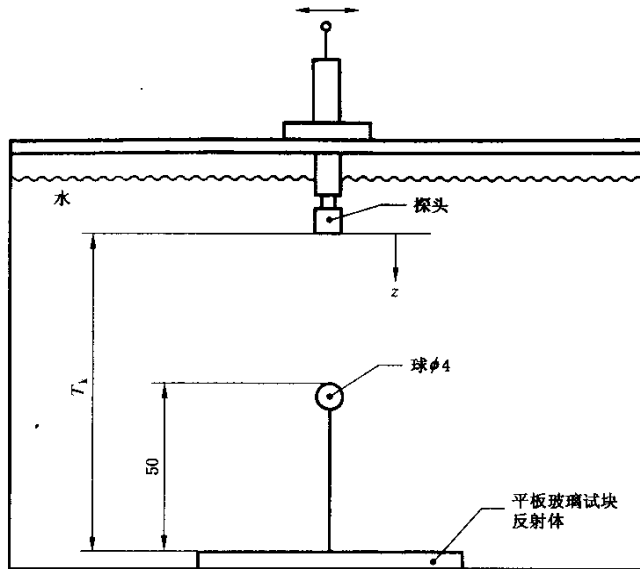
图中尺寸单位为 mm



$$T_k = 0.75N_0 \sim 1.5N_0; N_0 = \text{近场长度}$$

图 1 采用电冲击激励的超声脉冲反射法检测的测试装置

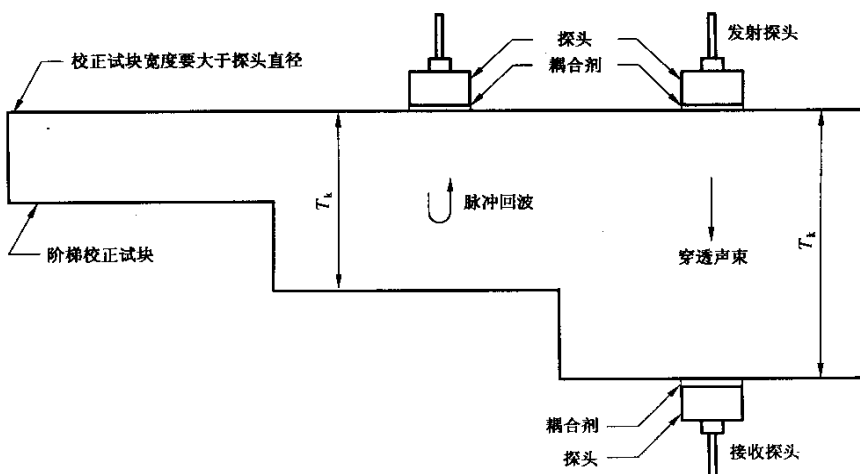
图中尺寸单位为 mm



$$T_k = \text{直探头近场长度} = \text{聚焦探头焦距}$$

测量频率响应时用平面反射体, 测量声场时用球靶

图 2 探头置于球靶或平面反射体上方的液浸测试

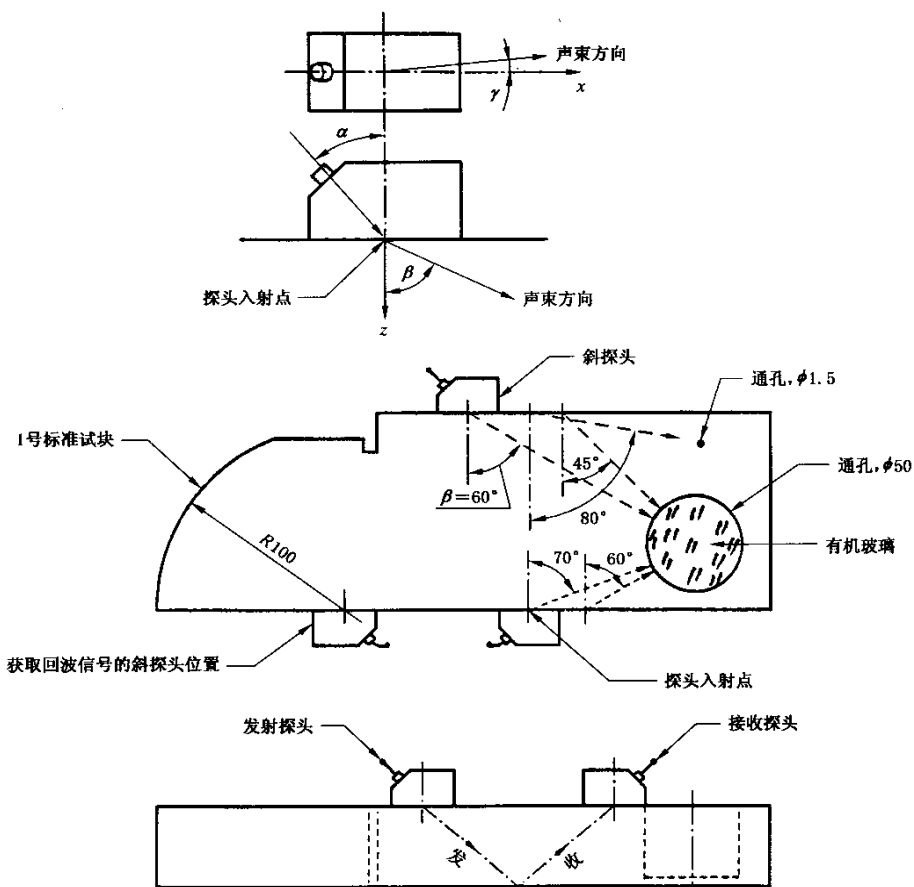


T_k = 厚度, N_0 = 近场长度

脉冲回波检测时, $T_k = 0.75N_0 \sim 1.5N_0$ 。穿透法检测时, $T_k > N_0$ 。

图3 直探头接触检测的测试布置

图中尺寸单位为 mm



(探头入射点是声束的出射点, x = 探头纵轴方向, z = 垂直于检测表面, β = 折射角, γ = 偏斜角)

图4 斜探头接触检测的测试布置

4.2 时域响应

时域响应评价时,用来产生回波信号的反射体要依据检测种类(液浸检测或接触检测)和探头类型(直探头或斜探头)选定。回波信号持续时间是对探头阻尼性能的度量。脉冲波形用峰数 P_N 表征,峰数 P_N 是幅度大于等于最大半波幅值 20%(-14 dB)的半波数。脉冲持续时间 T_{PD} 要按第一个波峰的起点至最后一个波峰的终点之间的时间间隔计算,以微秒为单位。如图 5 所示,波形的周数 C_N 是峰数的一半。

4.3 频率响应

通过使用频率(谱)分析仪器,给定反射体的回波响应可用以频率为自变量的信号幅度函数度量,应使用平面反射体作为靶反射体,离探头的距离应尽可能接近探头近场长度 N_0 ,或焦距 F_L 。回波信号可采用带滤波器的频谱分析仪分析,也可先作全数字化处理后再作快速傅立叶变换。频率响应是随后给出峰值频率、中心频率和带宽等参数的基础。峰值频率 f_p 是频率响应中出现最大幅度时的频率。如图 6 所示,高低端频率 f_u 和 f_l 分别是比测得脉冲回波最大幅度低 50%(-6 dB)的回波幅度处的频率。中心频率按下式确定:

$$f_c = (f_u + f_l)/2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

最大幅度可能出现在中心频率处,也可能不是。回波信号的带宽 B_w 以百分数表示,可根据下式计算求得:

$$B_w = [(f_u - f_l)/f_c] \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

此外,带宽 B_w 也可用绝对值 $f_u - f_l$ 表示,单位为 MHz。

图 7 所示为一接触检测用斜探头在 1 号标准试块上获得的典型测试结果,回波信号来自该试块上 R100 圆弧反射面。图 8 所示为一用于液浸检测的聚焦探头的测试结果,回波信号取自一块处于探头焦距处的玻璃试块。

例 2

下列数据摘自图 7 测量结果:

峰值频率 $f_p = 3.4$ MHz

半波高度频率 f_l (低端)和 f_u (高端)分别为:

$f_l = 2.6$ MHz

$f_u = 4.2$ MHz

由此算得中心频率:

$f_c = (2.6 + 4.2)/2 = 3.4$ MHz

在此例中,峰值频率和中心频率恰好相等,但在一般情况下,它们并不相等,图 8 给出的结果就是一例。

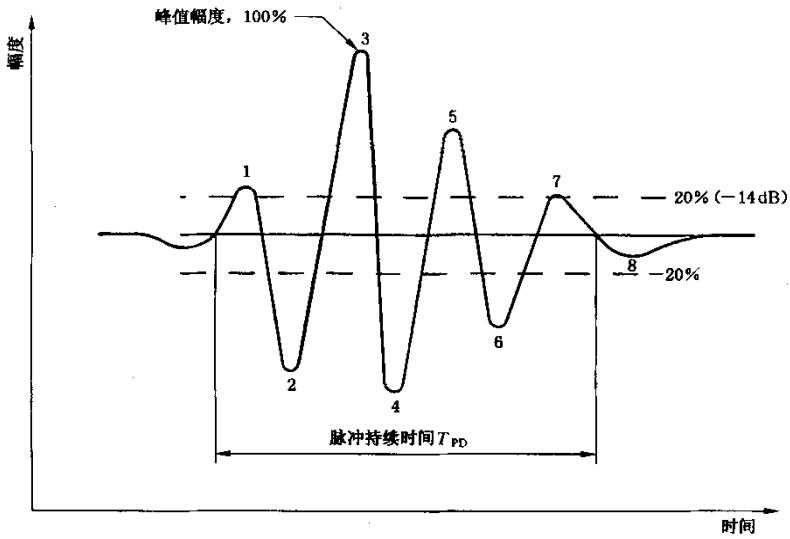
例 3

引用上例数据,计算得到百分数表示的带宽如下:

$B_w = (4.2 - 2.6)/3.4 \times 100\% = 47\%$

用绝对值表示的带宽为:

$f_u - f_l = 4.2$ MHz - 2.6 MHz = 1.6 MHz



(峰数 P_N 是 7, 周数 C_N 是 3.5)

图 5 时域响应

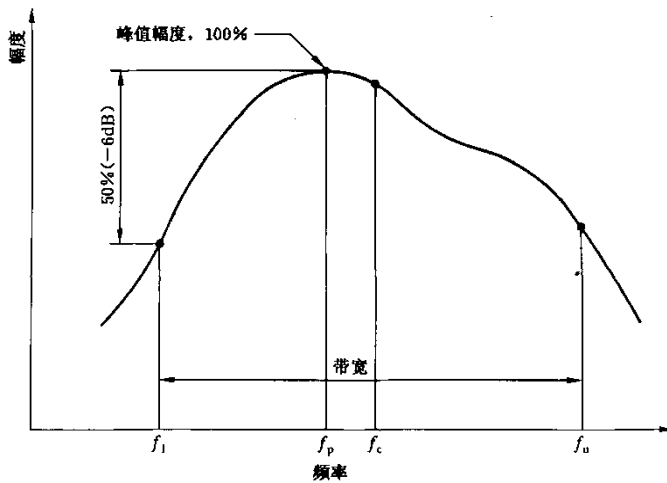


图 6 脉冲回波检测的频率谱

4.4 自由声场参数

当一列声波从一个探头向一半无限空间辐射而不受任何边界产生的干扰影响的时候,我们称此声场为自由声场。一个圆形超声探头的自由声场是用它的近场、远场和声束扩散角等参数来表征的。对一给定直径和频率的换能器元件而言,探头在一半无限均质空间产生的自由声场的几个特征参数可由计算求得。当探头与被检材料直接接触时,声场通常可划分成两个区域。紧靠换能器的区域称为近场区(费涅尔区),在此区域,声压分布呈复杂图案,可用图 9 左半图所示的最大值和最小值来表征。对于平面换能器,超出近场后的区域即称为远场(费琅荷费区),在此区域,声压随距离增加而降低,如图 9 下图声束轴线上声压分布曲线的右半部分所示。

当 $D \gg \lambda$ 时,近场长度 N_0 可用如下近似公式计算:

$$N_0 = D^2 / (4\lambda) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: N_0 ——近场长度;

D ——探头中换能器元件有效直径;

λ ——按式(1)和(2)计算得到的探头中心频率 f_c 时在试验介质中的波长。

超声探头性能测试报告

测试条件:电冲击激励(尖脉冲)

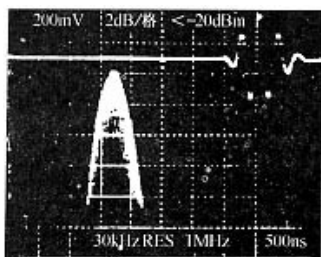
测试内容:

- 时域响应
- 频域响应
- 实测角度
- 阻抗
- 相对灵敏度

测试单位(签章)

测试者(签名) _____

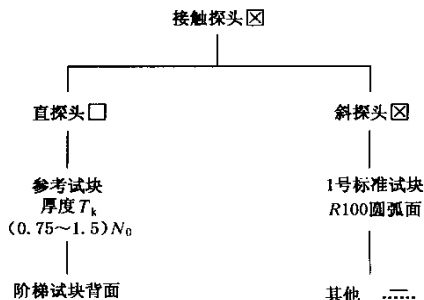
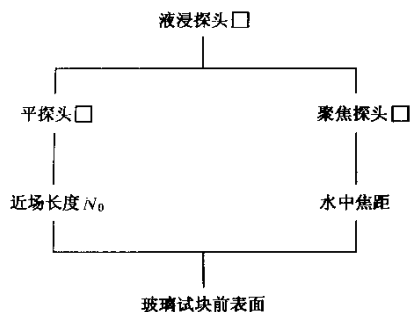
日期 _____ 年 ____ 月 ____ 日



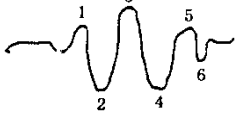
参数与测试方法

制造频率: 3.5 MHz 尺寸: 12.7 mm 直径

编号 _____ 电缆 量程 174
长度 1 800 mm



性能

时域响应	频域响应	实测角度 1号标准试块		阻抗和相对灵敏度
		标称值	实测值	
周数 C_N : 3  峰数 P_N : 6	f_p : 3.4 MHz $f_l(-6\text{ dB})$: 2.6 MHz $f_u(-6\text{ dB})$: 4.2 MHz $f_c(-6\text{ dB})$: 3.4 MHz B_w : 47 % Δf : 1.6 MHz	45° <input checked="" type="checkbox"/> 60° <input type="checkbox"/> 75° <input type="checkbox"/> K 值	折射角 46° 偏斜角 0	f_c 时电阻抗 77 Ω -41 度 ... dB

使用仪器: Panametrics 5052UA 超声分析仪 频率分析仪 7L12
 水平扫描/格: _____ 垂直伏/格: _____
 发射强度: 3 _____ 接收机衰减: -20 dB
 接收机阻尼: 50 Ω

图 7 接触斜探头(见例 2)

超声探头性能测试报告

测试条件:电冲击激励(尖脉冲)

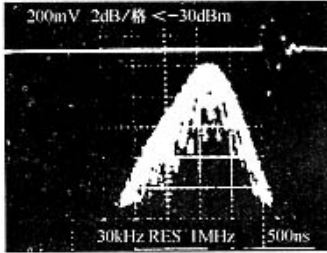
测试内容:

- 时域响应
- 频域响应
- 实测角度
- 阻抗
- 相对灵敏度

测试单位(签章)

测试者(签名) _____

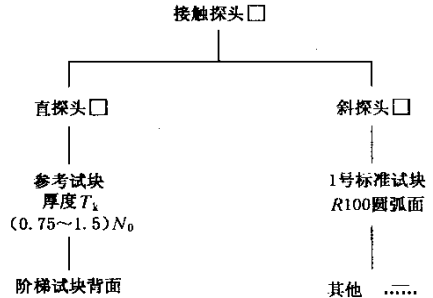
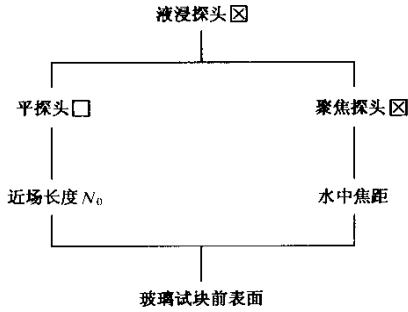
日期 _____ 年 ____ 月 ____ 日



参数与测试方法

制造频率: 5 MHz 尺寸: 12.7 mm 直径

编号: _____ 电缆 量程 174
长度 1 800 mm



性能

时域响应	频域响应	实测角度 1号标准试块		阻抗和相对灵敏度
		标称值	实测值	
周数 C_N 2½ 峰数 P_N : 5	f_p : 6.3 MHz $f_l(-6\text{ dB})$: 4.3 MHz $f_u(-6\text{ dB})$: 7.7 MHz $f_c(-6\text{ dB})$: 6 MHz B_w : 56.7 % Δf : 3.4 MHz	45° <input type="checkbox"/> 60° <input type="checkbox"/> 75° <input type="checkbox"/> K 值	折射角 偏斜角	f_c 时电阻抗 20 Ω -65 度 dB

使用仪器: Panametrics 5052UA 超声分析仪 频率分析仪 7L12
 水平扫描/格: 垂直伏/格:
 发射强度: 3 接收机衰减: -20 dB
 接收机阻尼: 50 Ω

图 8 液浸聚焦探头(见例 3)

例 4

对一个 5 MHz 的圆晶片探头,换能器有效直径为 10 mm,在水介质中的脉冲波近场长度可由下式求得:

水中声速: $v=1.48 \text{ km/s}=1.48 \times 10^6 \text{ mm/s}$

所以 $\lambda=0.3 \text{ mm}$;

所以 $N_0=10^2/(4 \times 0.3)=83.3 \text{ mm}$ 。

对一个边长为 $l \times l$ 的方晶片,可由下式求得:

$$N_0 = 1.35 \times l^2 / (4\lambda) \quad \dots\dots\dots (5)$$

例 5

考虑一个频率为 5 MHz,晶片有效尺寸为 10 mm×10 mm 的方晶片直探头,在钢中的脉冲波近场长度可按下述步骤求得:

引用例 1a) 数据:

$\lambda=1.17 \text{ mm}$

$l=10 \text{ mm}$

所以 $N_0=1.35 \times 10^2 / (4 \times 1.17)=28.8 \text{ mm}$

应当指出,近场长度是按探头中心频率 f_c 的波长计算所得,这样的近似计算,只适用于窄带探头。对于宽带探头,近场长度是一个范围,此范围的起止点可分别按二端频率 f_1 和 f_2 计算的近场长度确定。

在远场,声束直径同声束轴线距离成正比增大,声束的发散程度用声束扩散角表示。声束半扩散角 θ ,即峰值幅度的 71%(-3 dB)处,可按下式计算:

直径为 D 的平面圆晶片的自由声场:

$$\theta = \sin^{-1}(0.51 \times \lambda/D) \quad \dots\dots\dots (6)$$

例 6

考虑一个有效直径为 10 mm 的圆晶片直探头,在液浸检测时,自由声场声束的全扩散角(-3 dB)由下述步骤求得:

5 MHz 声波在水中的纵波波长为 0.3 mm(见例 4)。

自由声场的半扩散角(-3 dB)为:

$$\theta = \sin^{-1}(0.51 \times 0.3/10) = 0.88$$

自由声场(-3 dB)全扩散角是此角的二倍,即 1.8°

有效尺寸为 $l \times l$ 的方晶片探头的半扩散角为:

$$\theta = \sin^{-1}(0.44 \times \lambda/l) \quad \dots\dots\dots (7)$$

矩形晶片探头的扩散现象同方晶片探头的不同(方晶片探头的扩散现象与圆晶片探头的比较接近),它的声场图案同其边长比有关,近场也不能用最大声压来界定。在远场,幅度与传播距离成反比(即 $\propto 1/z$),此关系适用于所有形状的晶片。矩形晶片探头的自由声场半扩散角(-3 dB)沿 l_1 和 l_2 两个方向不同,要分别计算:

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \sin^{-1}(0.44 \times \lambda/l_1) \\ \theta_2 &= \sin^{-1}(0.44 \times \lambda/l_2) \quad \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

上述通过计算描述的声场特性只适用于平探头。对用于穿透法(一收一发式)的接触探头,可能只能通过实验来表征。对于液浸探头的自由声场参数,可用水听器来测定。

4.5 回波测量

脉冲回波法是测量声场的常用方法,用脉冲回波法测量时, f_1 和 f_2 的值是按峰值幅度的 50%(-6 dB)测量的。同样,按峰值幅度 71%(-3 dB)测量的自由声场半扩散角 θ 也等同于按峰值幅度的 50%(-6 dB)测量的回波幅度时求得的半扩散角 θ 。即:

$$\theta(\text{自由声场, } 71\% \text{ 或 } -3 \text{ dB}) = \theta(\text{回波, } 50\% \text{ 或 } -6 \text{ dB}) \dots\dots\dots(9)$$

因此用于计算自由声场半扩散角的算式(6)、(7)、(8)同样适用于脉冲回波法测量。

例 7

一个晶片有效尺寸为 5 mm×10 mm, 频率为 5 MHz 的矩形晶片直探头, 用于脉冲回波法的检测, 它在钢中的声束扩散角可按下述方法确定:

$$l_1 = 5 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1.17 \text{ mm [见例 1a)]}$$

$$\text{所以 } \theta_1 = \sin^{-1}(0.44 \times 1.17/5) = 6^\circ$$

沿 l_1 方向脉冲回波法的全扩散角为 12°

$$l_2 = 10 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1.17 \text{ mm}$$

$$\text{所以 } \theta_2 = \sin^{-1}(0.44 \times 1.17/10) = 3^\circ$$

沿 l_2 方向脉冲回波法的全扩散角为 6° 。

回波测量中的一个重要参数是轴线上声束声压分布图。在液浸测试时, 按图 1 和图 2 所示布置, 探头上施以脉冲激励, 将探头放入水中, 对准浸在水中的小直径钢球靶, 让探头保持在同一轴向距离上移动, 先获取横截面分布图。在每一个探头位置, 记录球靶反射信号的峰值幅度。这样便可得到在一定距离的截面上各点相对于轴线上声压的相对声压值的声束横截面分布图。然后, 沿声束轴向绘制在不同轴向距离测得的峰值幅度曲线, 得到如图 10 所示的声束轴线上声压分布图。

为了表征聚焦探头的声束轴线上和横截面上声压分布, 要测定聚焦探头的焦距和焦点处的场深(焦距长度)和声束直径。把最大幅度处定义为焦点, 把探头表面至焦点的距离定义为聚焦长度, 即焦距 F_L 。将探头朝小钢球靶来回移动时幅度降为峰值幅度 50% (-6 dB) 时测得的二点间距离即为场深(焦距长度) F_D 。焦点处横截面上回波幅度降至峰值 50% (-6 dB) 的区域直径定义为焦点(柱)直径 d_{FL} 。图 11 所示为一带锥形透镜的液浸聚束探头的声束轴线上和横截面上的声压分布图。

本标准不含接触检测用探头的声场测定。对应用于直接接触检测的直探头、斜探头或聚焦斜探头的声场表征, 需要两块专用参考试块。一块试块在不同深度处钻有一系列横孔; 另一块试块可用于测试和评价全部角度。用这两块试块可以测定声束扩散角、声束宽度、焦距、场深和其他有关参数。表述这两块试块的文件是国际标准 ISO 12715, Non-destructive testing—Ultrasonic testing—Reference blocks and test procedures for the characterization of contact search unit sound fields。

4.6 阻抗

探头的电特性用输入阻抗来描述, 可采用带相关电缆的矢量阻抗表测量。探头与矢量阻抗表之间的电缆要尽可能短, 测量时, 探头要处于有效工作状态, 液浸探头要使探头前表面与水接触, 接触探头要使之与参考试块接触, 矢量阻抗表的频率要调谐到探头中心频率处, 探头复阻抗可用幅值(欧姆)和相角(度)表示。测量时要注意避免产生驻波。

4.7 相对灵敏度

相对灵敏度是对工作在脉冲回波模式下, 在规定介质、声路和反射体条件下, 衡量探头电声转换效率的一种度量。相对灵敏度被定义为输出电压信号 V_{out} 峰-峰值同施加在探头上的输入(或激励)信号 V_{in} 峰-峰值之比:

$$S_r = 20 \log_{10}(V_{out}/V_{in}) \text{ dB} \dots\dots\dots(10)$$

测定相对灵敏度时, 应采用探头中心频率的闸门选通正弦脉冲作为激励信号源。脉冲的持续时间要足以使探头达到稳态条件, 要达到这样的稳定状态, 至少要使回波信号持续 5 周的均幅振荡。图 12 给出了液浸探头相对灵敏度测量的典型测量方法。

例 8

对于图 12 所示激励信号和回波信号, 其相对灵敏度可按如下计算:

$$V_{out} = 5 \text{ 格} \times 100 \text{ mV/格} = 500 \text{ mV} = 5 \times 10^{-1} \text{ V}$$

$$V_{in} = 5 \text{ 格} \times 2 \text{ V/格} = 10 \text{ V}$$

$$\text{所以 } S_r = 20 \log_{10}(5 \times 10^{-1}/10) = 20 \times (-1.3) = -26 \text{ dB}$$

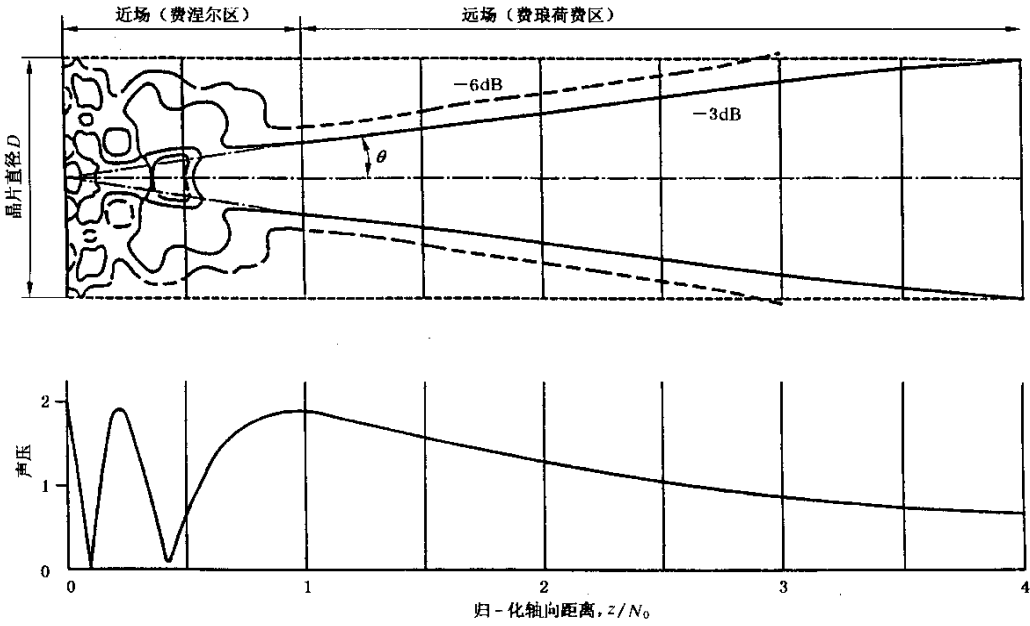


图 9 平探头的自由声场

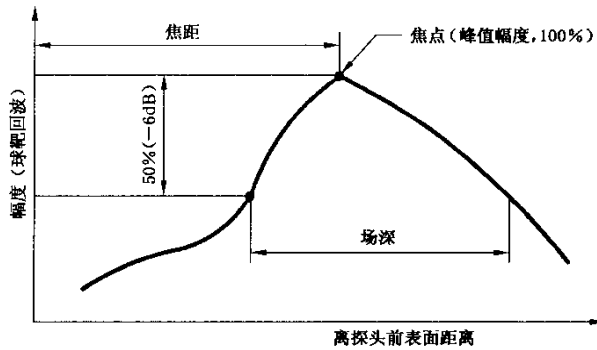


图 10 液浸聚焦探头声束轴线上的声压分布

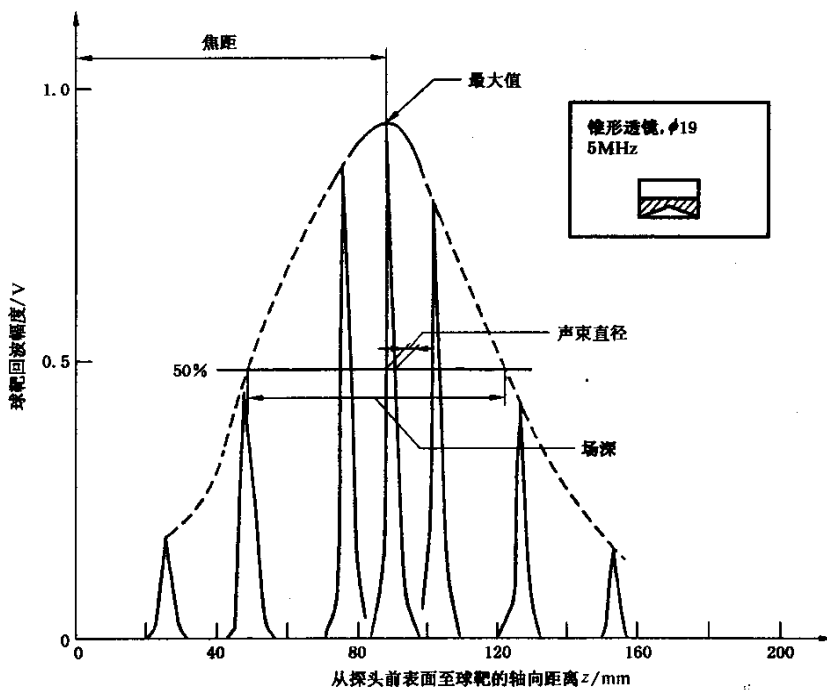
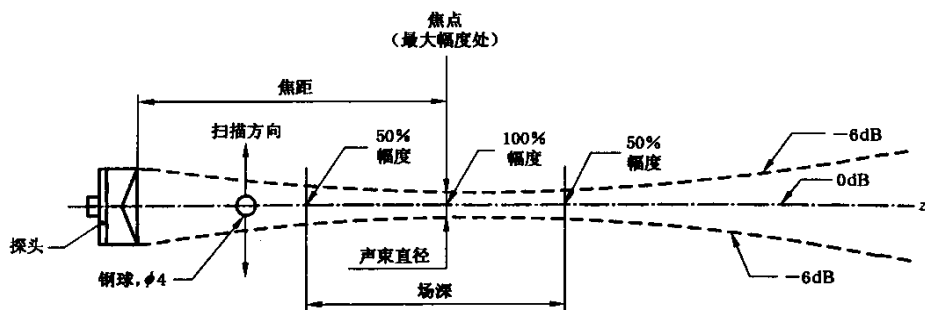
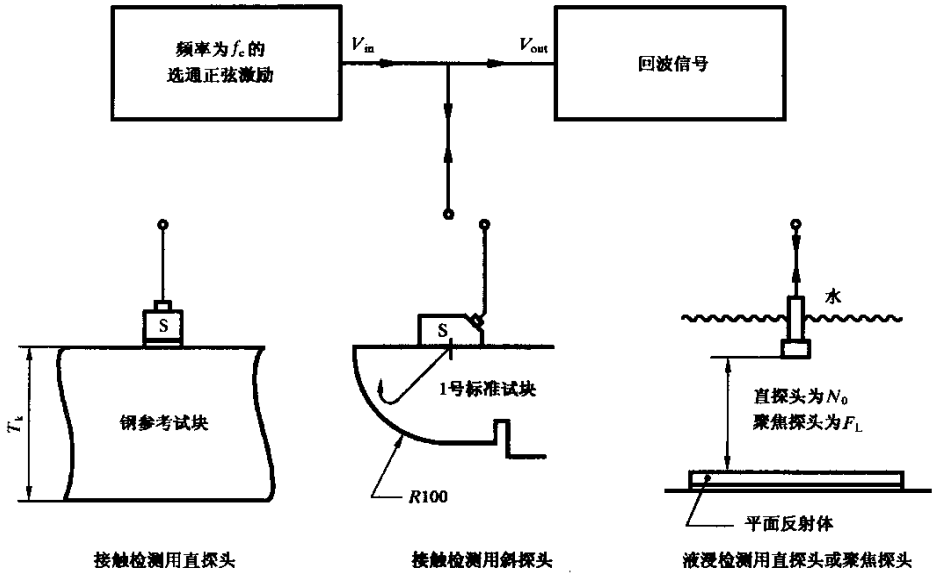
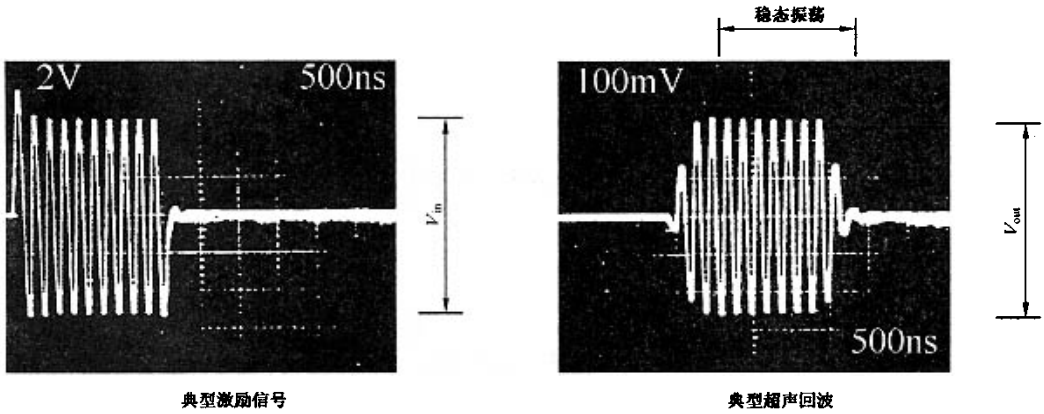


图 11 液浸聚焦探头声束轴线上和横截面声压分布和声束直径



(N_0 = 近场长度, F_L = 焦距, S = 探头, $T_k = 0.75N_0 \sim 1.5N_0$, 全部同轴电缆阻抗为 50Ω)

图 12 探头相对灵敏度测量(见例 8)

附录 A
(标准的附录)
标准试块

本标准引用中华人民共和国机械行业标准 JB/T 10063—1999《超声探伤用 1 号标准试块技术条件》和 JB/T 8426—1996《校正钢焊缝超声波检测仪器用标准试块》所规定的试块作为探头性能测定时所使用的试块。中华人民共和国机械行业标准 JB/T 4730—1994《压力容器无损检测》中规定的 CSK-IA 试块,是 1 号标准试块的一种改型,也可用于本标准,该试块的折射角刻度采用了我国目前流行的 K 值探头使用的 K 值表示。 K 值与折射角 β 有如下关系:

$$K = \operatorname{tg} \beta$$
