

实验二十二 A 类超声研究

超声波是一种频率高于 20000 赫兹的声波，方向性好，穿透能力强，易于获得较集中的声能，可用于测距、测速、探伤、清洗、焊接、碎石、杀菌消毒等。在医学、军事、工业、农业上有很多的应用。特别是在医学方面，超声波由于无创、无放射性并可实时动态扫描器官等特点，大量运用于医疗上的诊断和治疗。

【实验目的】

1. 学习超声波的一些基本原理；
2. 了解 A、B 类超声测量原理，掌握测量方法；

【实验原理】

1. 超声波的产生和接收

声波是物体机械振动状态（或能量）的传播形式。超声波是指振动频率大于 20kHz 以上的，超出了人耳听觉的一般上限的声波。超声和可闻声本质上是一致的，都是一种机械振动以纵波的方式在弹性介质内传播。但超声波特点是频率高，波长短，在一定距离内沿直线传播具有良好的束射性和方向性。超声波有名的应用就是“声呐”，如果向水中发出一定频率的超声波，然后记录与处理反射回声，从回声的特征我们便可以检测出探测物的距离、形态及其动态变化。而医学上最早利用超声波是在 1942 年，奥地利医生杜西克首次用超声技术扫描脑部结构；以后到了 60 年代开始将超声波应用于腹部器官的探测。如今超声波扫描技术已成为现代医学诊断不可缺少的工具。

超声波的产生和接收一般通过电磁振动与机械振动的相互转换来实现，最常见的方法是利用介电材料的压电效应和逆压电效应来实现的。

2. A 类超声回波扫描术（echography 或 sonography）

超声回波扫描已经发展为医学检查和非破坏测试等方面非常重要的工具之一，在各种应用领域已有难以计数的超声装置，它们都基于同样的工作原理：发射机械波，记录反射回来的回波。A 类超声回波扫描是指以波峰的形式记录回波信号，将反射回来的波峰按时间顺序排列在基线上，构成与探测器方向一致的一维信号。A 类超声是最基本的超声模式，是其他诸如 B 类超声等复杂超声模式的基础。

利用超声回波仪，通过和介质耦合在一起的超声探头发射一个短脉冲，此脉冲在材料声阻抗不均匀如材料缺陷处发生反射，这些反射波被同一个探头探测到。脉冲从发射到接收所经过的时间 t 和声速 c 以及缺陷的距离 s 满足关系：

$$c = \frac{2s}{t} \quad (1)$$

注意：测量结果须对探头延时进行修正。文献报导亚克力材料中的声速为 2600-2800m/s。

如果知道材料中的超声波速度以及脉冲传播时间，则缺陷的距离 s 即可计算出。超声回波

的振幅与介于探头和缺陷间材料的衰减有关，与材料和缺陷的声阻抗类型有关，还与缺陷的几何形状及取向有关。

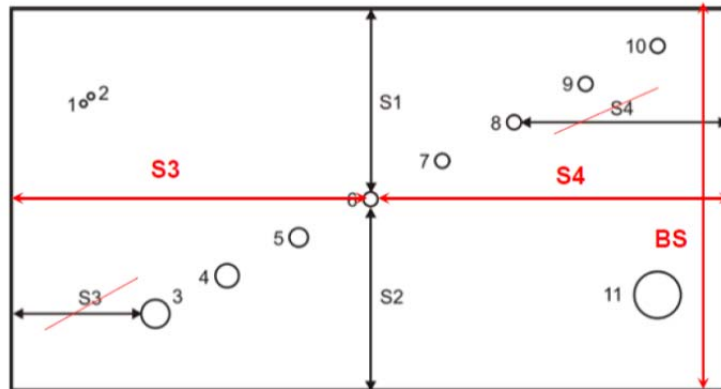


图 1 为包含有缺陷（小孔）测试方块的示意图，其中 s1,s2,s3,s4 为为要测量的距离

从图 1 中根据测量的距离可算出孔的尺寸 ds_{echo} 。

$$ds_{echo} = BS - s1 - s2 \quad (2)$$

其中 BS 为测量方块的高度。

3. 超声探头延时

几乎所有的超声探头介电材料表面都覆盖有保护层，超声波需要时间穿透保护层，这就带来了额外的时间误差，在声速测量中必须消除此种探头延时引起的实验误差。

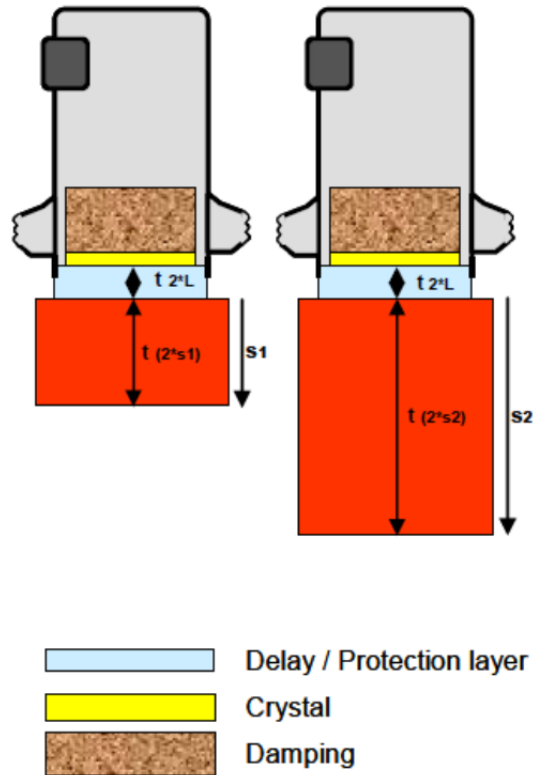


图 2 探头及测试样示意图

如图 2 所示，超声脉冲经过两个不同样品(圆柱体)的时间分别为 t_{2*s_1} 和 t_{2*s_2} ，经过探头保护层的时间是 t_{2*L} ，两个圆柱体试样高度分别是 s_1 和 s_2 ，总的时间分别为 t_1 和 t_2 则由公式(1)可得

$$c = \frac{2(s_1 - s_2)}{t_1 - t_2} \quad (3)$$

$$t_1 = t_{2*s_1} + t_{2*L} = \frac{2 * s_1}{c} + t_{2*L}$$

$$t_{2*L} = t_1 - \frac{2*s_1}{c} \quad (4)$$

注意：不同的探头保护层厚度不一样，因而探头延时也不同。

【实验仪器】

实验仪器框图见图 2.

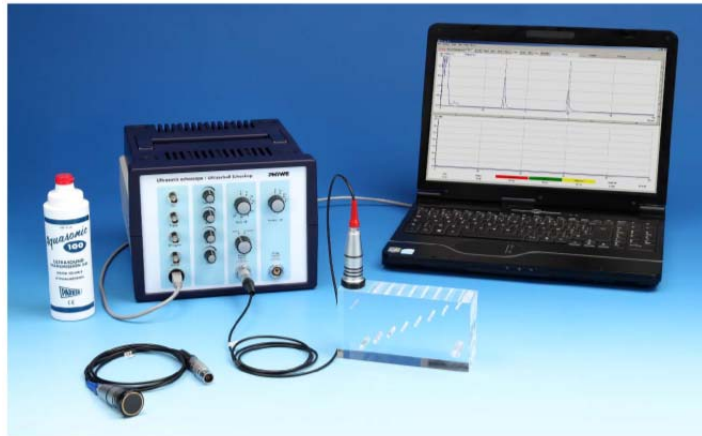


图 3 超声实验装置

超声实验装置包括：

- 1、 超声回波仪
- 2、 1M Hz 超声探头
- 3、 2 M Hz 超声探头
- 4、 超声测试方块
- 5、 超声测试圆柱体（3 个）
- 6、 超声测试片
- 7、 超声实验用胶
- 8、 计算机

【实验内容】

1. 利用游标卡尺测试圆柱体、方块外部尺寸
用游标卡尺测量方块试样 BS，用游标卡尺测量圆柱体试样的高度。测量时尽量轻轻地夹持测试样，以避免样品表面亚克力材质产生划痕。重复测量 6 次以上。
2. 利用超声回波测量软件测量超声脉冲传播时间
阅读整个超声回波仪的手册以及 A-Scan 相关资料。打开电源。将超声回波仪和计算机相联。将 1MHz 探头联到“Probe(Reflexion)”插口上。转动 selection knob 到“Reflexion”方式。打开超声回波测试软件。软件中打开“A-Scan mode”方式。
用适量水滴（推荐）或胶滴在圆柱样品表面，避免水或胶流动，否则会产生虚假信号（鬼峰）。将探头放在圆柱样品表面，搜索底部回波。
调节发射和接收增益，使得回波峰覆盖窗口的 75%。峰形可通过时间增益参数（TGC）来优化。峰形与探头工作频率和超声信号衰减有关。
从峰上升沿起始位置开始测量脉冲传播时间，不能用峰顶位置进行测量。小的发射和接收增益将会使测量结果更加精确。脉冲传播时间可直接用软件光标测量。如图 4 所示软件界面上边窗口显示 A 类扫描信号，光标位置（红色和绿色线）

在下边窗口显示，点击鼠标控制光标位置。回波峰的位置必须仔细测量，否则实验结果会有较大误差。

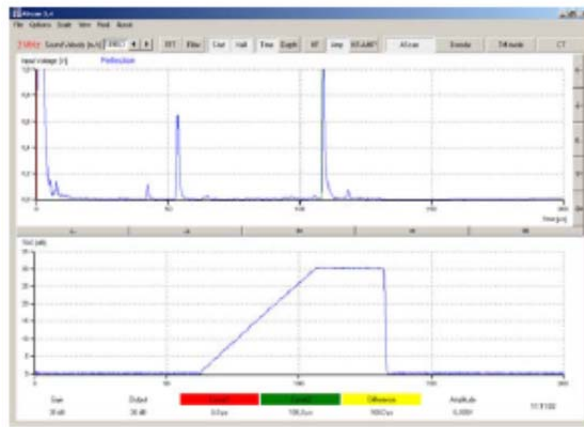


图 4 软件界面示意图

更换 2MHz 探头,重复上述步骤。

3. 利用公式 (3) 计算声速
4. 利用公式 (4) 计算探头延时 t_{2*L}
5. 利用超声回波测量软件从不同角度测量小孔的位置，计算测试方块厚度以及方块中小孔的尺寸（对探头延时进行修正）

将 2MHz 探头联到“Probe(Reflexion)”插口上。转动 selection knob 到“Reflexion”方式。打开超声回波测试软件。设定菜单中的“Options” - “Parameter” - “Time shift”探头延时值，并设定“Time shift enabled”。将“time”显示切换为“depth”显示。

利用水作为耦合剂。将软件中测量范围从“half”调至“full”。这是因为回波传播时间超过 100ms。同样的，调节发射和接收增益，使得回波峰覆盖窗口的 75%。

与内容 2 类似，利用软件光标可直接读出方块厚度和缺陷（小孔）深度。每个小孔离表面的距离 S_1 、 S_2 ， S_3 、 S_4 均需测量，则可利用公式 (2) 测量小孔的尺寸。

不同深度的小孔反射回的信号强度是不同的。可通过调节接收增益得到合适强度的信号。但放大倍数太大将会带来较高的背景噪声。信号的强度还可通过“threshold”，“wide”，“slope”，“start”旋钮来调节。

所有小孔沿方块的正反两个长边进行测量可确定小孔的深度，沿两个相互垂直（一个长边和一个短边）进行测量可确定小孔的位置。

更换 1MHz 探头,重复上述步骤。（选做）

6. 用游标卡尺测量测试方块中小孔的位置和尺寸，并和内容 4 结果进行比较
7. 小孔 10 也是圆形的，用上述方法测量其位置及尺寸（选做）。

【注意事项】

- 1、 请注意超声回波仪的安全指示及操作方式
- 2、 用水或肥皂液清洁试样或探头表面，不得用酒精或其它有机溶剂清洁
- 3、 实验中特别注意避免在试样表面产生划痕等机械损伤
- 4、 用超声胶后应及时清洁探头和试样表面

【思考题】

【参考文献】

[1]