

超声实验

清华大学近物物理实验室

超声是指频率高于 20KHz 的声音，超声学是声学的一个分支，它主要研究超声的产生方法和探测技术、超声在介质中的传播规律、超声与物质的相互作用，包括在微观尺度的相互作用以及超声的众多应用。超声波是一种弹性波，对它的描述有两个物理量：一个是振幅，另一个是频率，根据应用方向的不同，人们在频率、振幅这两个方面作了大量的研究工作，形成了超声检测学、功率超声学、表面波电子学器件学科等领域。

在国防和国民经济中，超声的用途主要可分为两大类，一类是利用它的能量来改变材料的某些状态，为此需要产生相当大或比较大能量的超声，这类用途的超声通常称为功率超声，如超声加湿、超声清洗、超声焊接、超声手术刀、超声马达等等；另一类是利用它来采集信息，超声波测试分析包括对材料和工件进行检验和测量，由于检测的对象和目的不同，具体的技术和措施也是不同的，因而产生了名称各异的超声检测项目，如超声测厚、超声声发射、超声测硬度、测应力、测金属材料的晶粒度及超声探伤等。

超声波与电磁波不同，它是弹性波，不论材料的导电性、导磁性、导热性、导光性如何，只要是弹性材料，它都可以传播进去，并且它的传播与材料的弹性有关，如果弹性材料发生变化，超声波的传播就会受到扰动，根据这个扰动，就可了解材料的弹性或弹性变化的特征，这样超声就可以很好地检测到材料特别是材料内部的信息，对某些其它辐射能量不能穿透的材料，超声更显示出了这方面的实用性。与x射线、 γ 射线相比，超声的穿透本领并不优越，但由于它对人体的伤害较小，使得它的应用仍然很广泛。超声波测试分析是利用超声波在介质中传播和与介质相互作用的特性，获得介质内部的信息，从而达到对介质的某些物理量和性质进行测试和分析的目的。本实验就是利用超声法来研究固体介质中的几个常用的参数。

超声实验让学生学习超声的产生方法和探测技术、超声在介质中的传播规律、超声与物质的相互作用，包括在微观尺度的相互作用以及超声的众多应用。实验内容包括测量横波超声换能器的延迟和折射角，超声纵波和横波在弹性介质中的传播速度，固体介质弹性参数的研究、超声探伤原理、超声水下探测等。

实验前思考题

1. 压电材料的性质和特点是什么？
2. 什么是压电效应？它有哪些用途？
3. 超声波的种类？超声波的产生、发射和接收原理是什么？阐述本实验中超声波的产生原理。
4. 超声波的特点和传播规律是什么？
5. 第一临界角、第二临界角的意义是什么？如何通过波型转换得到超声波横波？
6. 横波（斜）探头的延迟和折射角是如何定义的？其值是否与被测材料有关？
7. 测量斜探头的折射角时，如何正确测量 L 值？

实验回答题

1. 测量纵波和横波声速时，如何正确判断每个信号来自哪个人工反射体？
2. 测量时在超声探头和试块之间加机油的作用是什么？利用声波在两种介质界面上的透射关系解释探头与被测材料间隙中的气体对声透射的影响。
3. 测量波速时如何减小测量误差？
4. 超声扫描成像时怎样才能得到较清晰的扫描像？
5. 根据你得到的实验数据计算斜探头的入射角。
6. 对超声波的应用你还了解哪些？这些应用对应的原理是什么？

超声软件操作说明

1. 打开计算机，双击桌面上“CCS”程序打开“超声扫描成像”软件。
2. 示波器：在“示波器”下拉菜单中选“波形显示”，“定义基线”指横坐标表示的量，有声时，声程和深度三种选择。声时是从声波发射到接收所用的时间，声程和深度是从探头到检测反射面的单程距离。只有知道超声波在材料中的速度并在“探头和试块”设置界面输入正确的声速，测量的声程和深度才有意义。
3. 示波器中间是采集的波形显示界面。采集信号参数设置和测量通过显示界面下方的“波形调节”和“闸门调节”实现。
4. 波形调节：

增益——调节信号相对幅值大小。测量的信号不要超过 100。超过 100 时“回波振幅”依然显示“100”。

延迟——调节延迟可以改变横坐标显示的起点，但在测量时将延迟调到 0。

范围——横坐标的取值范围。
5. 闸门调节：

红门——改变示波器显示界面上红线的位置；

绿门——改变示波器显示界面上绿线的位置；

位置——红门和绿门同时改变位置，其数据和前面门的数据相同。

两个闸门的作用相当于设定测量范围，软件只检测两个闸门内的信号，并比较其幅值大小，在“回波位置”给出闸门内最大振幅信号的位置。

6. 波形分析：在“采集”模式下不起作用，在“频率”模式下可以改变位置和宽度测量频率，宽度选一个完整的振动周期时显示的数字即为频率值。

7. 扫描成像：有三种成像模式，以水下地貌测绘为例说明其操作。

(1) 先在示波器界面将基线定义为“深度”，找到测试块上表面的反射回波，将待测信号放置于两个闸门内，闸门的宽窄决定颜色分辨率的高低。

(2) 进入“水下扫描测绘”界面，“新建”文件设置：

图像——水平宽度和垂直高度的数值决定扫描图像的大小

探测深度和起点——两个闸门的位置，自动转换而来，不能设置

平面分辨——决定扫描图像的精度和大小（一般选 0.5）

设置好上述参数后点“确定”

(3) “扫描”——点扫描按钮时探头所在的位置为(0,0)，只显示此点右下方的图像。若要扫描完整地貌图，注意先将探头移动到试块的左上角，再点扫描按钮。之后用丝杠手动完成地貌测绘。

注意：扫描过程中不能将软件界面最小化，否则图像消失，前功尽弃。

(4) 完成测量后最好“保存”并拍照，计算机没有 USB 接口，不能拷数据。打开保存的图像只能在软件相应的界面打开。

超声实验内容

1.了解仪器的软件操作界面和界面中各个功能的意义；利用超声探伤的原理探测试块中的横孔位置，分析示波器界面上各回波对应试块中反射面的位置。

2.了解探头结构及直探头和斜探头的异同；测量直探头和斜探头的延迟及斜探头在不同材质中的折射角。

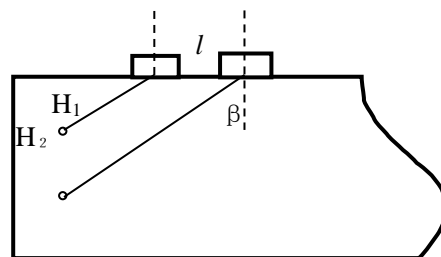


图 13 斜探头折射角测量

实验中可以采用横孔人工反射体测量探头的延迟及折射角。设探头的延迟

为 t_0 ，两个横孔的深度(已知)分别是 H_1 和 H_2 ，在示波器上可以测得两波对应的声时分别为 t_1 和 t_2 ，它们里面都包含有探头延迟 t_0 ，这样通过联立方程计算，我们就可以得到探头延迟。

注意：由于斜探头上并未标明超声波入射点的位置，因此要得到折射角，必须测量图 13 所示的 l 值。请考虑为什么及如何测量？

3. 测量钢、铝二种材质中超声纵波速度和横波速度；并分别计算钢、铝二种固体材料的杨氏模量、体弹性模量和泊松比。

4. 测量直探头发射的超声波的中心频率，探究本实验中超声发射的机理和决定探头振动频率的主要因素。利用测量到的频率计算纵波、横波在铝和钢中的波长。

5. 将连接探头的测量线接入示波器，观察超声卡发出的电信号类型，测量重复频率，分析重复频率对检测的影响。

6. 利用超声扫描成像进行水下模拟观测，了解超声技术在水中探测

和医疗领域的应用原理。

7.（选做）测量探头的近场区长度和发散角，并分析它们对实验测量的影响。

8.（选做）纵波测量时试块底面的两次回波信号之间是一系列衰减的波包，通过实验分析其产生原因和影响因素。