

第二次汇报内容

1. 对现有相关实验的调研

1.1 设备的价格与技术难度

- **设备价格:** 根据市场调查，超声波检测设备如NAUT21系统的价格大约为30,000至50,000元人民币，具体取决于配置和功能。
- **技术难度:** 使用空气耦合超声检测技术相较于传统水耦合技术在操作和维护上更为简便，但要求更高的技术精度和探头灵敏度。

1.2 不同的实验方法

- **空气耦合超声检测:** 该方法利用空气作为耦合介质，避免了液体耦合剂的使用，特别适用于对液体污染敏感的材料。但由于空气与固体的声阻抗差异大，导致更多声能的反射和更高的衰减。
- **常规接触式超声检测:** 使用液态耦合剂（如水或油）直接与材料表面接触，优势是信号更强，缺点是可能会对某些材料表面造成污染或损伤。

1.3 不同的实验对象造成的设计不同

- **对复合材料的适用性:** 空气耦合超声检测对于复合材料的非接触特性使其成为优选方法，尤其是对那些易受物理接触损伤的材料。
- **对金属的适用性:** 传统的接触式检测由于更好的声波传输性能，通常被用于金属材料的检测。

2. 本组的初步实验设计

2.1 实验材料与方法

- **实验材料:** 选择了价格较低、厚度较薄的复合材料，主要是考虑到成本和材料的易处理性。
- **设备选择:** 使用单个超声波探头和一台可连接电脑的超声波发射接收仪，使用接触式测量方法（水耦合）。

2.2 信号处理与数据可视化

- 信号处理:** 使用自编程序对从系统接收到的信号进行分析，包括信号的放大、滤波和解析，以提取缺陷特征。
- 数据可视化:** 将处理后的数据转化为图像，图像中不同颜色代表不同的声压级，红色表示无缺陷区域，蓝色表示缺陷区域。

3. 后续可能的实验设想

3.1 设想的实验方法

- 全面扫描:** 探索使用单个探头进行全面扫描的可能性，目的是生成更完整的材料内部结构图像。
- 时间变化分析:** 研究超声波信号在测试件中的时间上的变化，特别是反射和衰减的特性，以优化检测方法和提高分辨率。

4. 初步实验的相关理论基础

当然，以下是更详尽的解释和分析，关于超声波在复合材料中的相关特性以及信号处理的具体技术：

4.1 超声波的相关特性

声波传播特性

超声波在不同介质中的传播速度和衰减特性对于无损检测尤其重要。这些特性取决于介质的密度、弹性模量以及介质的结构。在复合材料中，超声波的传播速度受到材料纤维和树脂矩阵的类型、方向和分布的影响。例如，声波在纤维方向上通常传播得更快，而在垂直于纤维的方向上传播得较慢。

- 衰减:** 复合材料中的声波衰减主要是由于两种机制：吸收和散射。吸收是由材料内部能量转化（如热能）引起的，而散射则是由于材料内部界面（如纤维与树脂之间的界面）的不连续性。衰减系数的测量可以帮助评估材料的质量和内部结构的均匀性。

在超声波无损检测中，ABC扫描是指三种常用的超声波图像表示方法，分别为A扫描、B扫描和C扫描。每种扫描方法提供了不同的信息和视图，适用于不同的检测需求。以下是每种扫描技术的详细说明：

不同扫描方法

A扫描 (Amplitude Scan)

A扫描是最基本的超声波数据显示形式，显示的是从超声波探头发出的脉冲在样品中传播时反射信号的振幅（即强度）与时间的关系。这种显示方式通常用于确定材料中缺陷的位置和大小。

- **图像表现**：A扫描在屏幕上产生一条从左到右的线，线上的峰值代表超声波遇到的界面，如缺陷或背面回声。
- **应用**：常用于测量材料的厚度或内部缺陷的定位。

B扫描 (Brightness Scan)

B扫描通过一系列的A扫描线生成二维的超声波图像，每条A扫描线代表一个特定的探头位置，整个B扫描图像显示了一个截面的超声波回声强度分布。

- **图像表现**：B扫描在屏幕上显示一个横截面图，其中不同的亮度或颜色表示回声的强度。较亮的区域通常表示反射强度高，可能是界面或缺陷。
- **应用**：常用于评估材料断面的内部结构，如焊缝、层压板和其他复杂结构。

C扫描 (Constant depth Scan)

C扫描提供了材料平面内的超声波反射强度映射，通常是从固定深度获取的数据。C扫描图像显示了检测平面内的缺陷位置和大小。

- **图像表现**：C扫描输出一个平面图像，图中每个像素的颜色或亮度表示该位置的超声波回声强度。这种表示方法有助于直观地识别和定位缺陷。
- **应用**：广泛用于复合材料、层压结构和其它非均质材料的检测，特别适合于表面和近表面缺陷的检测。

4.2 超声波相关信号处理的相关原理

负半轴翻转

在超声波检测中，从探头接收到的原始信号通常包含正负两个半轴的波形。负半轴的波形通常是由于超声波探头和仪器特性所引起的相位反转。在分析这些信号时，通常需要将负半轴的波形“翻转”到正半轴，以便于更清晰地观察和分析信号的全部特性。

操作步骤：

1. **取绝对值**：将信号的所有负值转换为正值。这一步骤是通过对信号的每一个样本点取绝对值来实现的，即 $y(t) = |x(t)|$ ，其中 $x(t)$ 是原始信号， $y(t)$ 是处理后的信号。
2. **应用原因**：这种处理有助于在后续步骤中更容易地执行信号的包络检测和特征提取，因为所有的波峰和波谷现在都在同一侧，易于分析和比较。

信号包络

信号的包络提取是一种常用的技术，用于从超声波信号中提取特征，特别是在检测材料缺陷时。包络显示了信号振幅的最大边界，有助于识别信号中的波峰，这些波峰可能表明缺陷的存在。

操作步骤：

1. **希尔伯特变换**：使用希尔伯特变换来获取信号的解析信号。解析信号是一个复信号，它的实部是原始信号，虚部是原始信号的希尔伯特变换。解析信号的模（或绝对值）提供了原始信号的瞬时振幅，即包络。
2. **计算包络**：计算解析信号的模，即 $E(t) = \sqrt{x(t)^2 + H\{x(t)\}^2}$ ，其中 $H\{x(t)\}$ 是信号 $x(t)$ 的希尔伯特变换。
3. **应用原因**：包络提取可以用来确定信号的能量分布，尤其在缺陷检测中，缺陷引起的回声往往会在包络图上形成明显的峰值，从而帮助分析人员识别和定位内部缺陷。