**《超声检测试块声学参数校准规范》**

**实验报告**

**超声检测试块声学参数校准规范编制组**

**2025年10月**

**《超声理疗设备检定规程》**

**实验报告**

**目 录**

[《超声检测试块声学参数校准规范》实验报告 3](#_Toc213019218)

[1 实验介绍 3](#_Toc213019219)

[2 计量特性 4](#_Toc213019220)

[2.1 纵波声速 4](#_Toc213019221)

[2.2 声衰减系数（纵波） 4](#_Toc213019222)

[2.3 横波声速 4](#_Toc213019223)

[2.4 声衰减系数（横波） 4](#_Toc213019224)

[3 实验结果 4](#_Toc213019225)

[3.1 纵波声速及声衰减系数 4](#_Toc213019226)

[3.2 横波声速及声衰减系数 8](#_Toc213019227)

# 《超声检测试块声学参数校准规范》实验报告

## 1 实验介绍

实验目的：验证《超声检测试块声学参数校准规范》(征求意见稿)科学合理性。

时间：2025年8月～2025年10月

地点：中国计量科学研究院昌平院区声学计量实验室

环境条件：温度：（20~26）℃，相对湿度：（20~80) %

实验试块：P91试块、15CrMo试块

使用仪器包括：

* 脉冲发生接收器
* 电磁超声检测仪
* 示波器
* 数显测高仪
* 纵波探头
* EMAT横波探头
* 温度计
* 湿度计

## 2 计量特性

### 2.1 纵波声速

利用脉冲发生接收器激励纵波探头，基于脉冲回波法，通过测量试块厚度和不同回波之间的声时差测量得到。

### 2.2 声衰减系数（纵波）

利用脉冲发生接收器激励纵波探头，基于脉冲回波法，通过测量试块厚度和不同回波之间的幅度变化，并考虑衍射效应修正测量得到。

### 2.3 横波声速

利用电磁超声检测仪激励EMAT横波探头，基于脉冲回波法，通过测量试块厚度和不同回波之间的声时差测量得到。

### 2.4 声衰减系数（横波）

利用电磁超声检测仪激励EMAT横波探头，基于脉冲回波法，通过测量试块厚度和不同回波之间的幅度变化，并考虑衍射效应修正测量得到。

## 3 实验结果

### 3.1 纵波声速及声衰减系数

采用直径100 mm、20 mm厚的P91试块作为被测对象，利用2.5 MHz尺寸为10 mm×16 mm的耐高温压电探头进行测试。图1为纵波原始时域波形，反映超声在介质中的传播与反射过程，包含界面回波信号和楔块的回波信号。

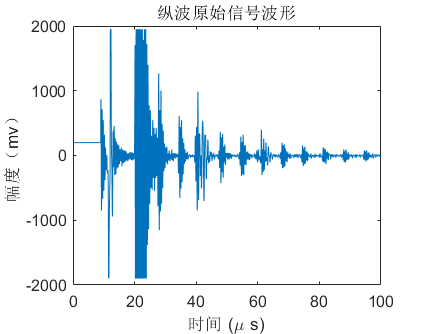


图1 压电纵波原始信号波形

采用FIR带通滤波器处理原始信号，得到图2。滤波后抑制了高低频噪声，提升回波信噪比。

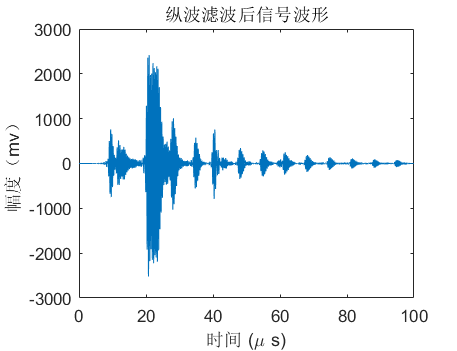


图2 压电纵波滤波信号波形

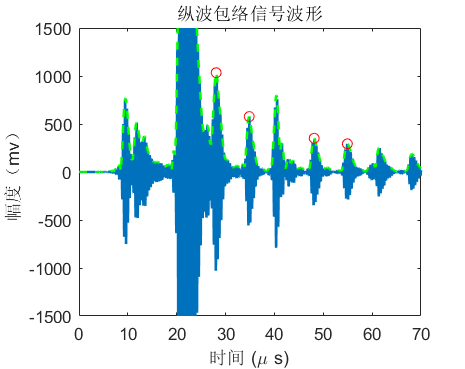


图3 压电纵波包络信号波形及回波峰值点

对图3波形做希尔伯特变换，得到图4的信号包络线；通过局部极值检测，标记出3个回波峰值（P1、P2、P4、P5）和其对应时间，为计算声速和声衰减系数提供数据。

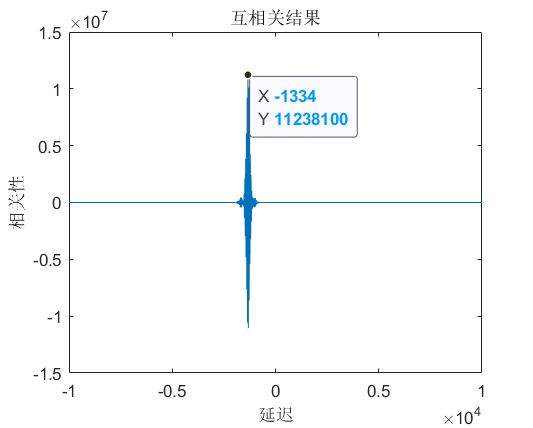


图4 压电纵波第二次回波和第四次回波的互相关结果

对图3中P₂与P₄对应波形做互相关分析，得到波形如图4所示，互相关峰值对应时间差*τ*=1134，时延，计算声速。

利用图4中提取的第二次回波幅值A₂与第四次回波幅值A₄，结合两回波传播路径差（为4倍介质厚度），依据声衰减系数计算公式（1），完成被测介质声衰减系数的计算。

声速和声衰减系数与温度的拟合结果如图5和图6所示：

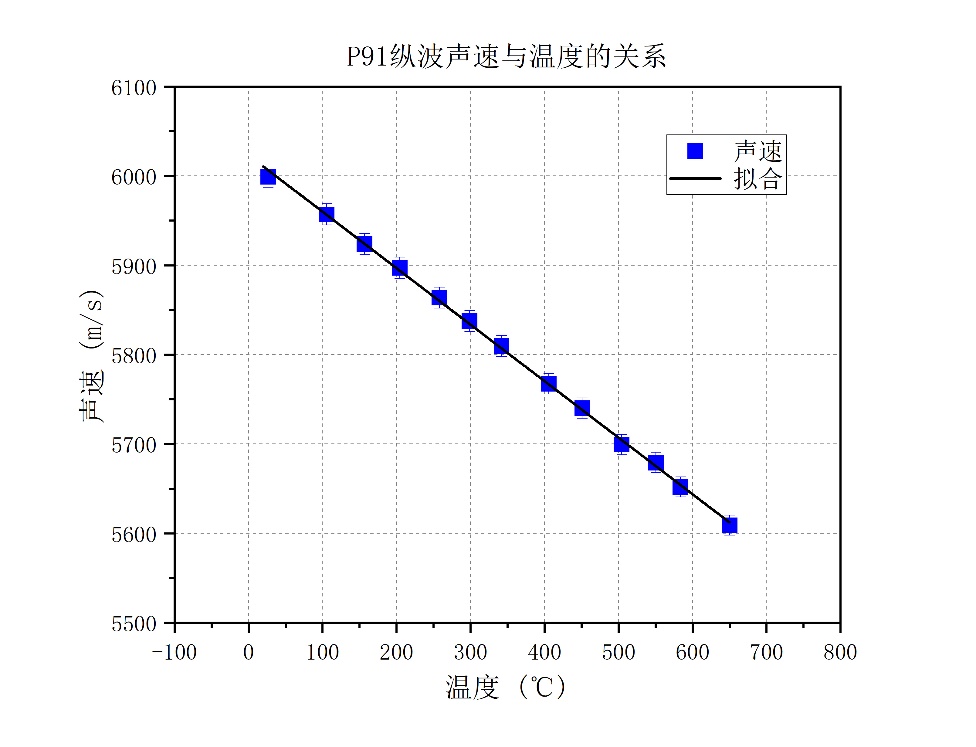


图5 纵波声速与温度的拟合结果

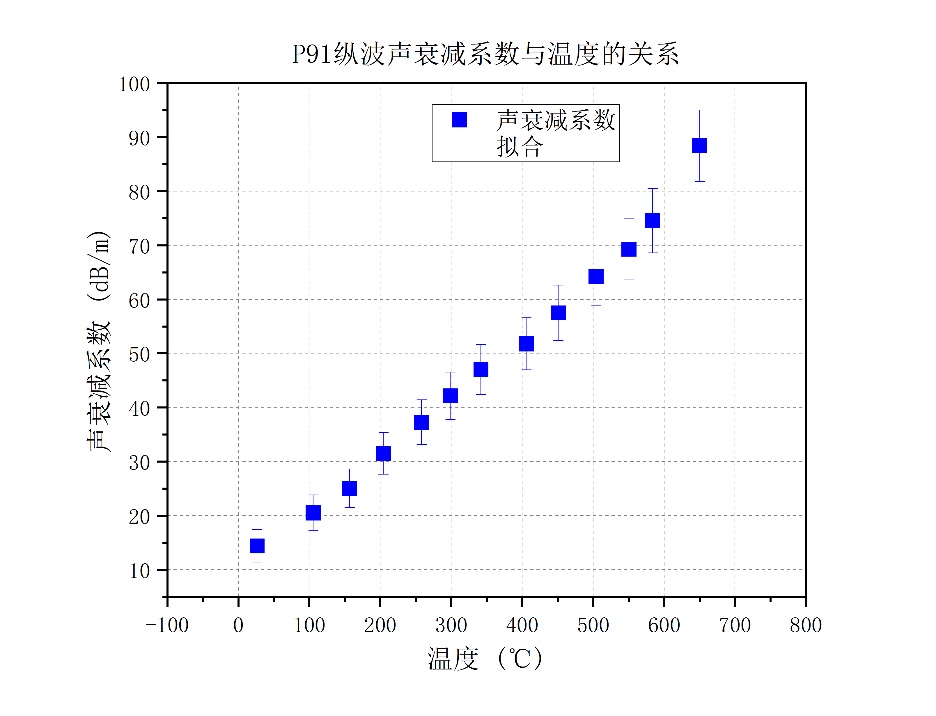


图6 纵波声衰减系数与温度的拟合结果

表1 纵波测试结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 温度（℃） | 声速（m/s） | 声衰减系数（dB/m） |
| 23.6 | 5999.0 | 14.4 |
| 105.4 | 5956.9 | 20.5 |
| 156.8 | 5926.8 | 25.1 |
| 204.6 | 5908.2 | 31.5 |
| 258.1 | 5868.8 | 37.3 |
| 298.6 | 5847.5 | 42.2 |
| 348.9 | 5819.7 | 47.0 |
| 405.7 | 5777.5 | 51.8 |
| 451.0 | 5750.1 | 57.5 |
| 504.0 | 5699.4 | 64.2 |
| 556.4 | 5679.1 | 69.3 |
| 583.6 | 5651.9 | 74.5 |
| 650.0 | 5609.0 | 88.4 |

### 3.2 横波声速及声衰减系数

采用直径100 mm、40mm厚的15CrMo试块作为被测对象，利用2.5 MHz φ15 mm的耐高温EMAT横波探头进行测试。图7为横波原始时域波形。

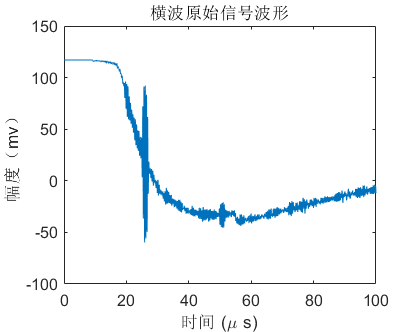


图7电磁超声横波原始信号波形

采用FIR带通滤波器处理原始信号，得到图8。滤波后抑制了高低频噪声，提升回波信噪比。

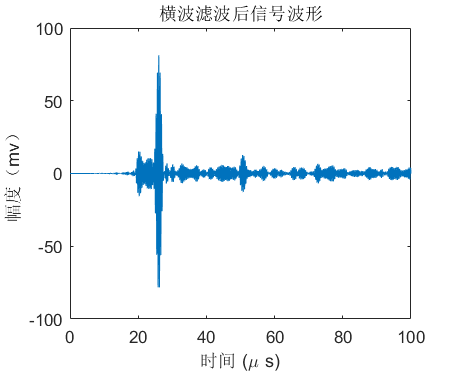


图8 电磁超声横波滤波信号波形

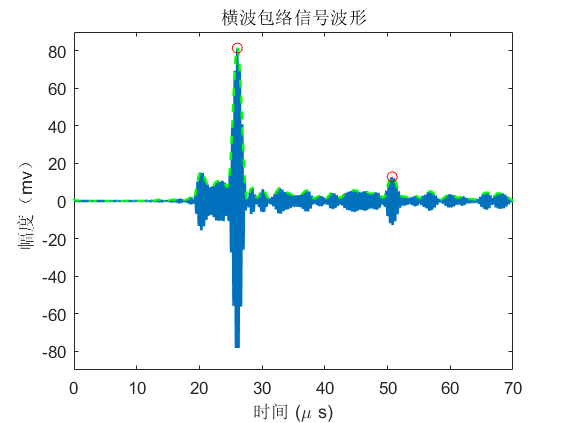


图9 横波包络信号波形及回波峰值点

对图8波形做希尔伯特变换，得到图9的信号包络线；通过局部极值检测，标记出2个回波峰值（P1、P2）和其对应时间，为计算声速和声衰减系数提供数据。

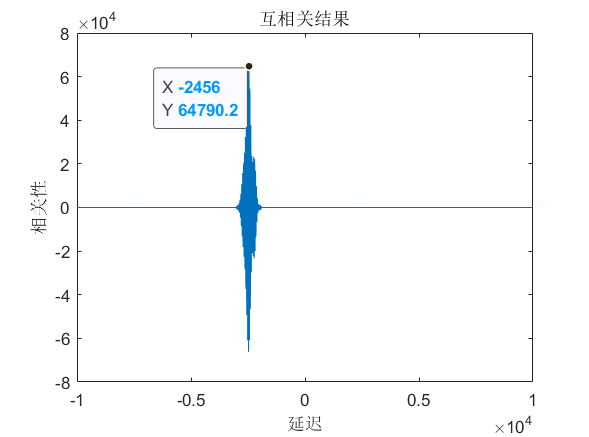


图10 横波第一次回波和第二次回波的互相关结果

对图9中P1与P2做互相关分析，得图10。互相关峰值对应时间差*τ*=2456，时延，计算声速。

利用图9中提取的第一次回波幅值A1与第二次回波幅值A2，结合两回波传播路径差（2倍介质厚度），依据声衰减系数计算公式，完成被测介质声衰减系数的计算。

声速和声衰减系数与温度的拟合结果如图11和图12所示：

C:\Users\Xing\Desktop\高温测试+验收会\测试会数据\横波声速.tif

图11 横波声速与温度关系

C:\Users\Xing\Desktop\高温测试+验收会\测试会数据\横波声衰减.tif

图12 横波声衰减系数与温度的拟合结果

表2 横波测试结果

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 温度（℃） | 声速（m/s） | 声衰减系数（dB/m） |
| 21.5 | 3256.4 | 154.6 |
| 107.6 | 3212.9 | 165.2 |
| 151.1 | 3190.7 | 166.1 |
| 221.7 | 3156.2 | 172.3 |
| 297.1 | 3098.4 | 186.6 |
| 379.7 | 3061.0 | 194.0 |
| 434.5 | 3009.1 | 210.3 |
| 506.1 | 2954.7 | 231.7 |
| 576.2 | 2887.3 | 259.8 |
| 627.3 | 2853.1 | 278.3 |

|  |
| --- |
|  |