

## 第十一届全国高等学校物理实验教学研讨会

# 可视声速变化演示实验

赵西梅

上海交通大学物理与天文学院

2022年8月13日

饮水思源 · 爱国荣校



一

**实验的背景**



二

**实验仪器及参数设置**

三

**演示实验原理**

四

**实验现象与结果**

五

**分析与讨论**

六

**结束语**

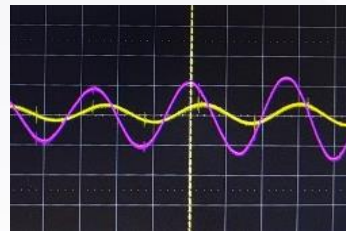
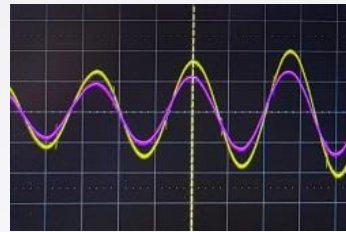


## (1) 声速测量实验的教学改革

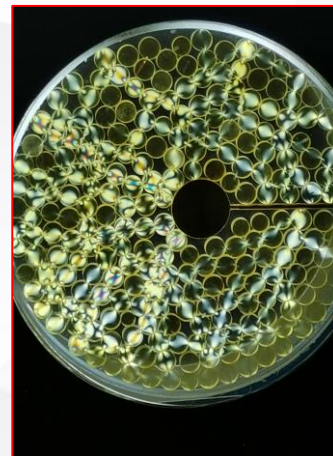
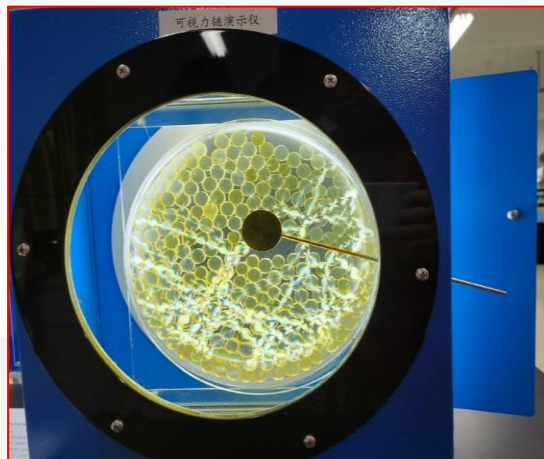
- 声速测量实验教学改革-----引入科学前沿内容（颗粒物中的声速探究），  
近几年申请到学校两个项目，已发表了相关文章4篇
- 2020年指导5名大一新生以“颗粒物中声速探究”，参加全国大学生创新竞赛，  
获得三等奖
- 2021年指导两名物理学院学生做PRP项目，继续研究竞赛未完成的部分，研制出两个演示实验仪器，并在2021年参加陕西汉中会议，分别获得一等奖和二等奖。

◆ 引入科学前沿内容--颗粒物中的声速探究





可视声速演示仪 (二等奖)



可视力链演示仪 (一等奖)



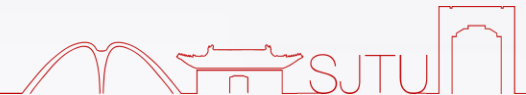
## (2) 颗粒物质

➤ **颗粒物质是指粒径在1微米以上的离散体系，又称为颗粒介质。颗粒物质的研究已经成为现代软凝聚态研究中的重要问题，它是一种不同于固体、液体、气体的一种特殊物质形态。而它的物理性质也可以通过测量物质中的能量传播速度获得。**

➤ **与经典弹塑性材料相比，颗粒介质具有显著的离散性，体系内部结构的不均匀性，导致动力学不均匀性。对其进行新的研究发现成为一种潮流。**

➤ **颗粒物质的间隙由于不同物质填充（例如空气、水等），会导致其声速的变化。**

◆ 引入科学前沿内容--颗粒物质中的声速探究





### (3) 颗粒物中声速探究

➤ 对大一新生来讲，颗粒物质的声学理论知识和相关模型研究有些深奥，但可以应用时差法的简单原理（探究式学习方式）

- 观察颗粒物质的一些声学现象
- 预测结果（演示实验）
- 测量实验数据，验证预测
- 得出结论，并给出合理解释



◆ 引入科学前沿内容--颗粒物中的声速探究





一

实验的背景

二

实验仪器及参数设置



三

演示实验原理

四

实验现象与结果

五

分析与讨论

六

结语

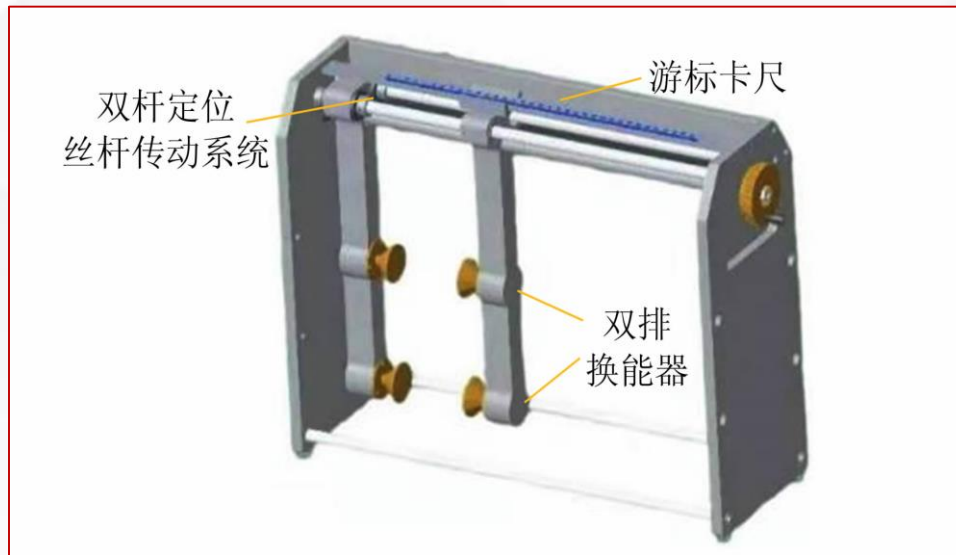


### (1) 实验仪器

#### 任意波形发生器



双杆定位  
丝杆传动系统



游标卡尺

双排  
换能器

#### 声速测定仪 (SV-DH-8)

#### 可视声速演示仪

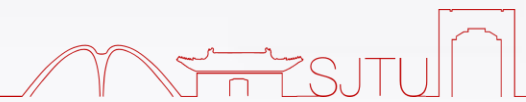
#### 示波器



#### 导线



BNC头导线

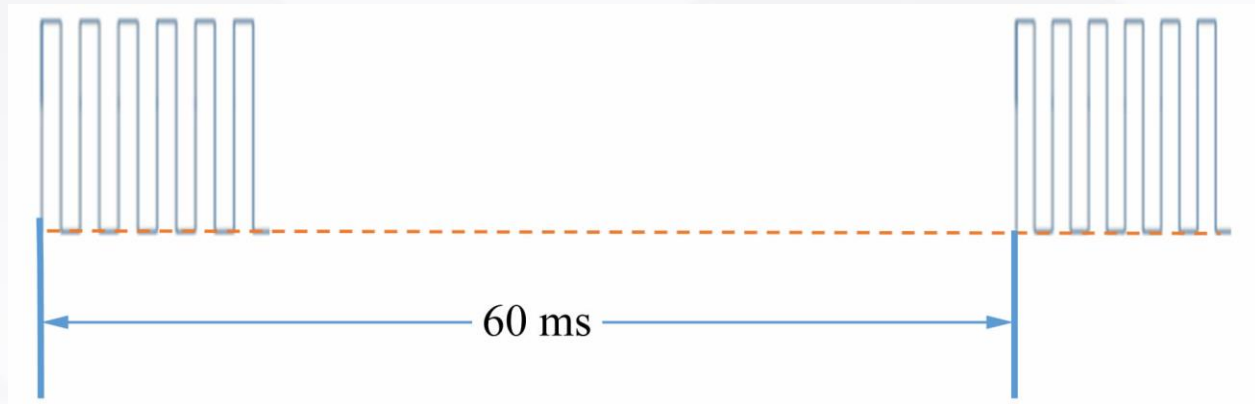






## (2) 实验参数设置

### 任意波形发生器



脉冲串示意图

设置脉冲信号为**方波脉冲**，  
在信号源上使用 **b u r s t**  
按钮设置方波脉冲为**脉冲串**

**参数：**每组6个方波，振幅是10vpp。同组脉冲  
间频率是37.7KHz，每组方波间隔为60ms



一

实验的背景

二

实验仪器及参数设置

三

演示实验原理



四

实验现象与结果

五

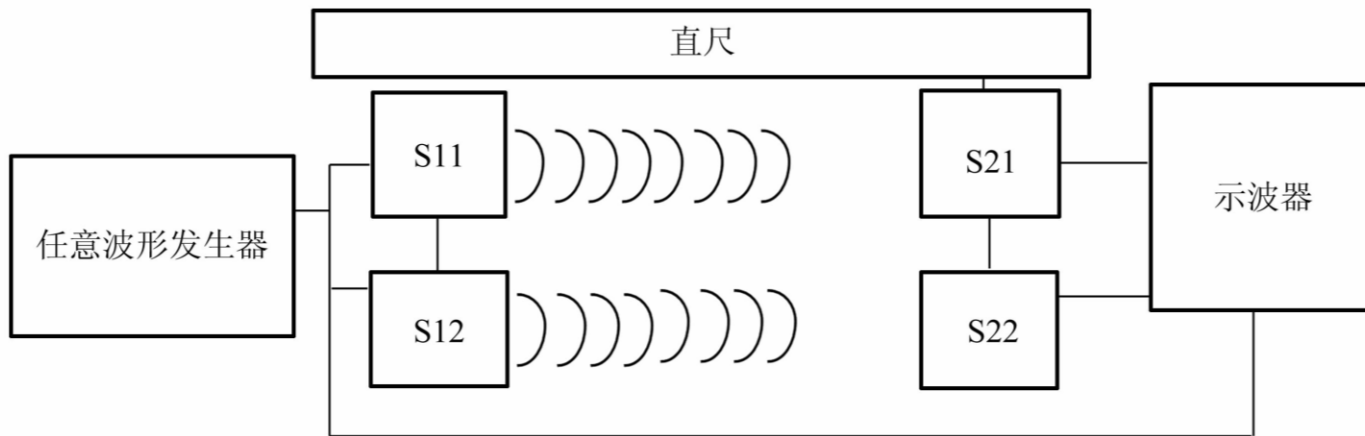
分析与讨论

六

结语



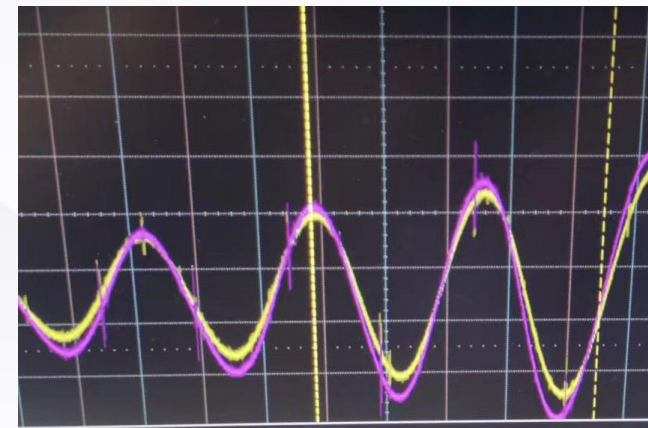
### 实验原理图



### 时差法原理

$$v = \frac{L}{t}$$

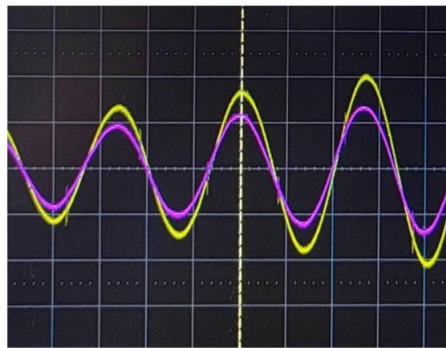
➤ **两排换能器都置于同一介质中，理论上示波器上两组信号重合**





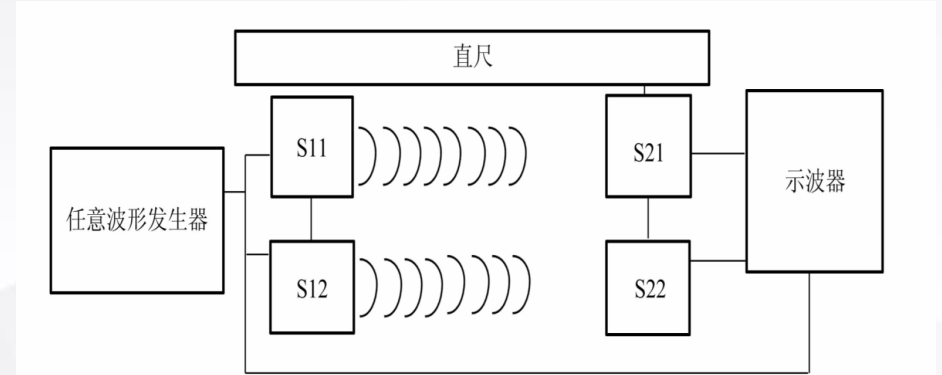
### (1) 定性观察预判声速变化趋势

- 在其中一排换能器间中放入装有颗粒物质的测试袋，发现相对于定标键，放入测试袋的那个波形发生移动，即波形不在重合。



$$v = \frac{L}{t}$$

- 根据时差法原理，L不变，波形移动说明时间变化，从而可以确定声速的变化。



### (2) 定量测量比较声速

- 预测后，一排探头放入待测介质，一组在原介质。
- 同步移动（即ΔL相同），示波器上的光标键定标，两组时间差值Δt可读出，由Δt不同判断出声速大小。



一

实验的背景

二

实验仪器及参数设置

三

演示实验原理

四

实验现象与结果



五

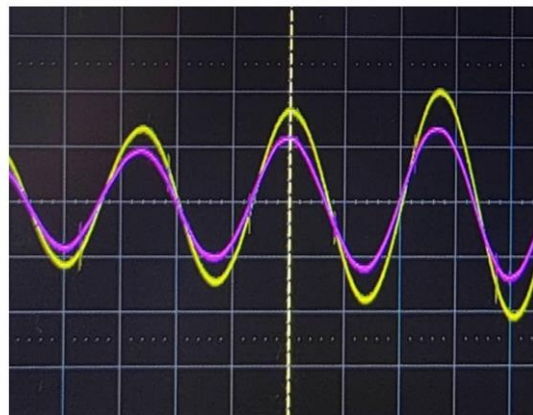
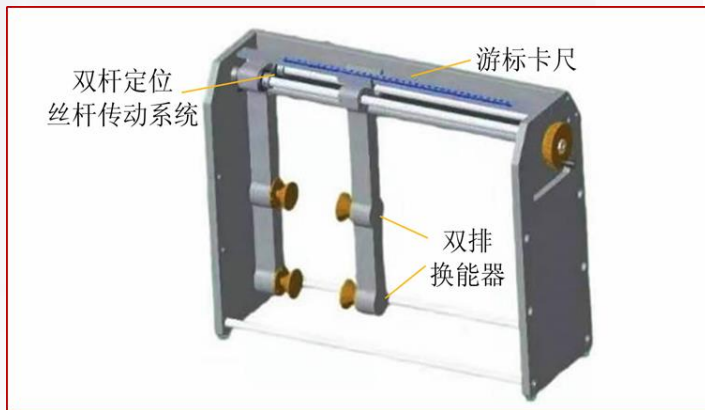
分析与讨论

六

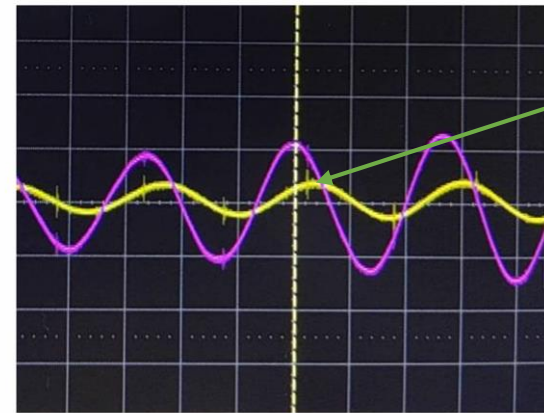
结语



(1) 演示实验观察现象和预判



(a) 放玻璃珠前



(b) 放玻璃珠后

预测玻璃珠与空气组成的复合介质中的声速比均匀媒质空气中的小.

➤ 一排换能器都置于颗粒物，一排换能器在空气中





## (2) 定量测量实验

(表1 空气、颗粒物中数据的测量 (颗粒直径约1mm小玻璃球,温度为27.70C,湿度为) 72%)

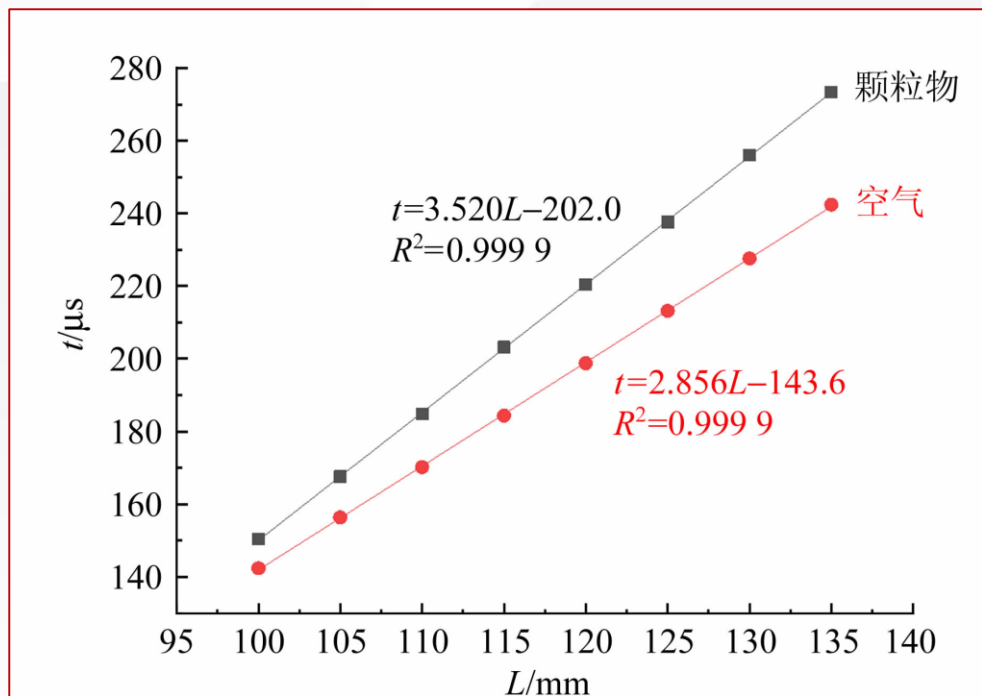
数据 点数	L/mm		t/ μ s			
			颗粒物		空气	
1	100.00	$\Delta L$	150.4	$\Delta t$	142.4	$\Delta t$
2	105.00	5.00	167.6	17.2	156.4	14.0
3	110.00	5.00	184.8	17.2	170.2	13.8
4	115.00	5.00	203.2	18.4	184.4	14.2
5	120.00	5.00	220.4	17.2	198.8	14.4
6	125.00	5.00	237.6	17.2	213.2	14.4
7	130.00	5.00	256.0	18.4	227.6	14.4
8	135.00	5.00	273.4	17.4	242.4	14.8

➤ 一排换能器都置于颗粒物，一排换能器在空气中





## (2) 定量测量实验



颗粒物、空气中时间与距离的关系

- ◆ 颗粒物质的斜率**大于**空气中的斜率
- ◆ 斜率倒数为声速，颗粒物中的声速为**284.1m/s**，空气中的声速为**350.1m/s**，
- ◆ 颗粒物中的声速**小于**空气中的声速

验证结论

➤ 一排换能器都置于颗粒物，一排换能器在空气中







一

实验的背景

二

实验仪器及参数设置

三

演示实验原理

四

实验现象与结果

五

分析与讨论



六

结语

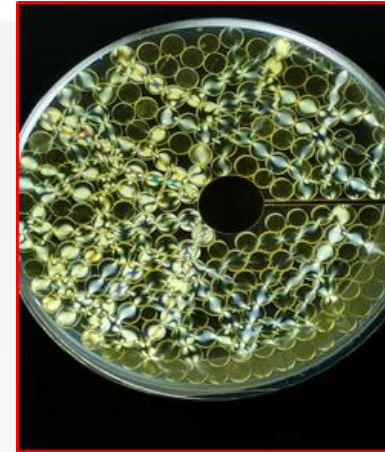


□ 颗粒物质中声速小的原因是声波在颗粒物质中沿着**力链传播**

□ 建议做实验演示时尽量选用**小颗粒物质**。

□ 由于颗粒物质是非均匀介质，在移动接收换能器时，**尽量缓慢并稳定地移动**，定标用来观测的波峰在测量数据的过程中**不变形、不消失**。

□ 用两换能器**相互远离的方式**。（换能器与颗粒物质的相互挤压，会使波包发生变形，从而影响测量效果





一

实验的背景

二

实验仪器及参数设置

三

演示实验原理

四

实验现象与结果

五

分析与讨论

六

结语





- 除了声速变小以外，声波振幅衰减较大，而且会随着传播距离的增加而快速减小
  - 用来解释隔音设施通常采用在空隙中填充颗粒物质来实现；
  - 也可以解释在火车轨道下铺垫很碎的石块以有效减缓轨道的剧烈震动
  
- 该实验装置也可以用来预判或准确测量颗粒物质与水组成的复合介质中的声速  
及与水的声速大小的比较
  
- 演示仪器中的双排换能器声速仪可以替代原来实验室单排换能器声速仪来完成声速测量实验。



# 谢谢大家

饮水思源 爱国荣校