**一维驻波研究实验报告**

实验人：陈依皓 学号：202211140007

## 【实验原理】

1. 行波，驻波，色散关系

波是一种广泛存在的运动形式，两类简单的波动形式是行波与驻波。在一维情况中，**行波**可以表示为

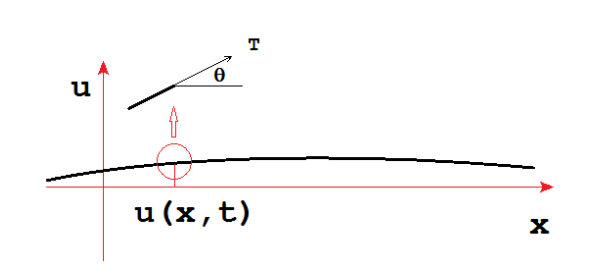
式中，分别称为波的波数和角频率。

两列频率、振幅相等、传播方向相反的波叠加产生驻波，**驻波**可以表示为

我们把**，**如果𝝎和𝒌成正比，称波没有色散，反之则称波有色散。

本实验的基本内容是研究两种一维驻波：两端拉紧的**柔软弦上的横波驻波**和两端拉紧的**弹簧上的纵波驻波**。

2. 波动方程

对于如图所示弦上的波，有波动方程

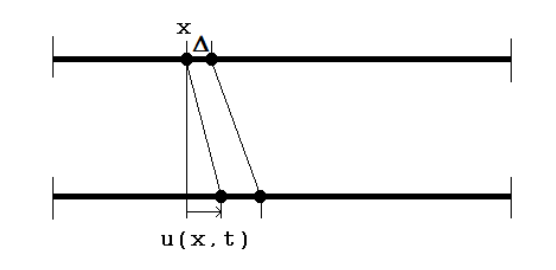
带入行波解

得到色散关系

这表明弦上的弹性波没有色散，且波速

对于弹簧上的波，有波动方程

同样的带入行波解，得到色散关系

这表明弹簧上的波也没有色散，且波速

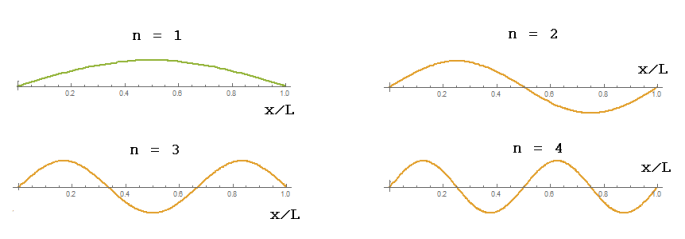
3. 驻波与共振

对于一段长度为的弦或弹簧，若两端固定，即

则

其中

有对应关系

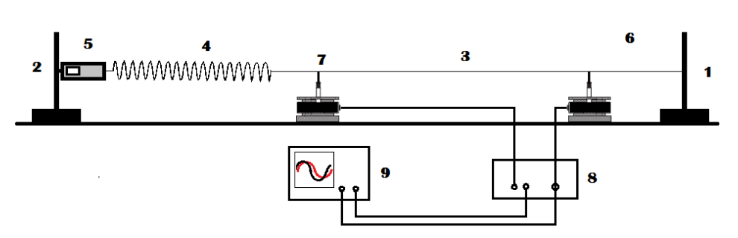
我们把每个称为一种**本征模式**，对应的称为**本征角频率**

本实验通过共振法测量本征模式与本征频率，我们将弦或弹簧的一端固定，而另一端在机械波驱动器作用下做振幅很小的简谐振动。

我们调节机械波驱动器的频率，当到达某个附近会发生共振，出现幅度远大于的驻波，其振动形式可以近似为一个本征模式。频率较低时，可以用直接观察幅度的变化；频率较高时，可以使用振动传感器来观察的幅度。

## 【实验内容】

|  |  |
| --- | --- |
| 实验仪器 | 细绳，弹簧，数字拉力器，米尺，机械波驱动器，压电传感器，正弦信号发生器，示波器。 |

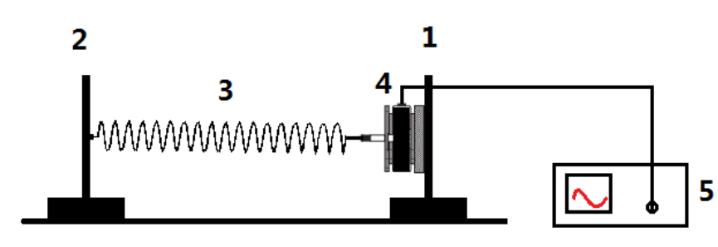
观测弦上驻波的装置如图

将柔软细绳一端绑在支架上，另一端通过一根弹簧与数显拉力计的挂钩相连。弹簧可以为弦提供一个固定的张力，其数值由数显拉力计给出。

弦振动的激励源是机械振动驱动器，它将正弦交流电信号转换成驱动臂的同频率简谐振动，通过鳄鱼夹将振动传递过去。

1、2：支架 3：实验用弦 4：拉力弹簧 5：数显拉力计 6：机械波驱动器 7：振动传感器 8：函数信号发生器 9：数字示波器

我们把相同的机械振动驱动器用作振动传感器。本实验中的驱动信号是机械波驱动器的输入电压，响应信号是振动传感器的输出电压，将这两个信号输入示波器对比观察，用驱动信号做触发，利用示波器观察波形可更准确地判断共振。

观测弹簧纵波实验装置如图

该实验装置与上个实验装置的不同之处为

1）机械波驱动器横向安装在支架上

2）不需要拉力计和压电传感器。

我们在弹簧驻波实验中只用人眼观察确定共振。纵波共振的特点是可以看到清晰的波节点。

1、2：支架 3：实验用弹簧 4：机械波驱动器 5：函数信号发生器

## 【实验数据与分析】

**1． 搭建实验装置，观察和测量弦上驻波的本征频率和本征模式。**

****搭建实验装置如图

设置

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本征模式 |  |  |  |  |  |
| 本征频率 |  |  |  |  |  |

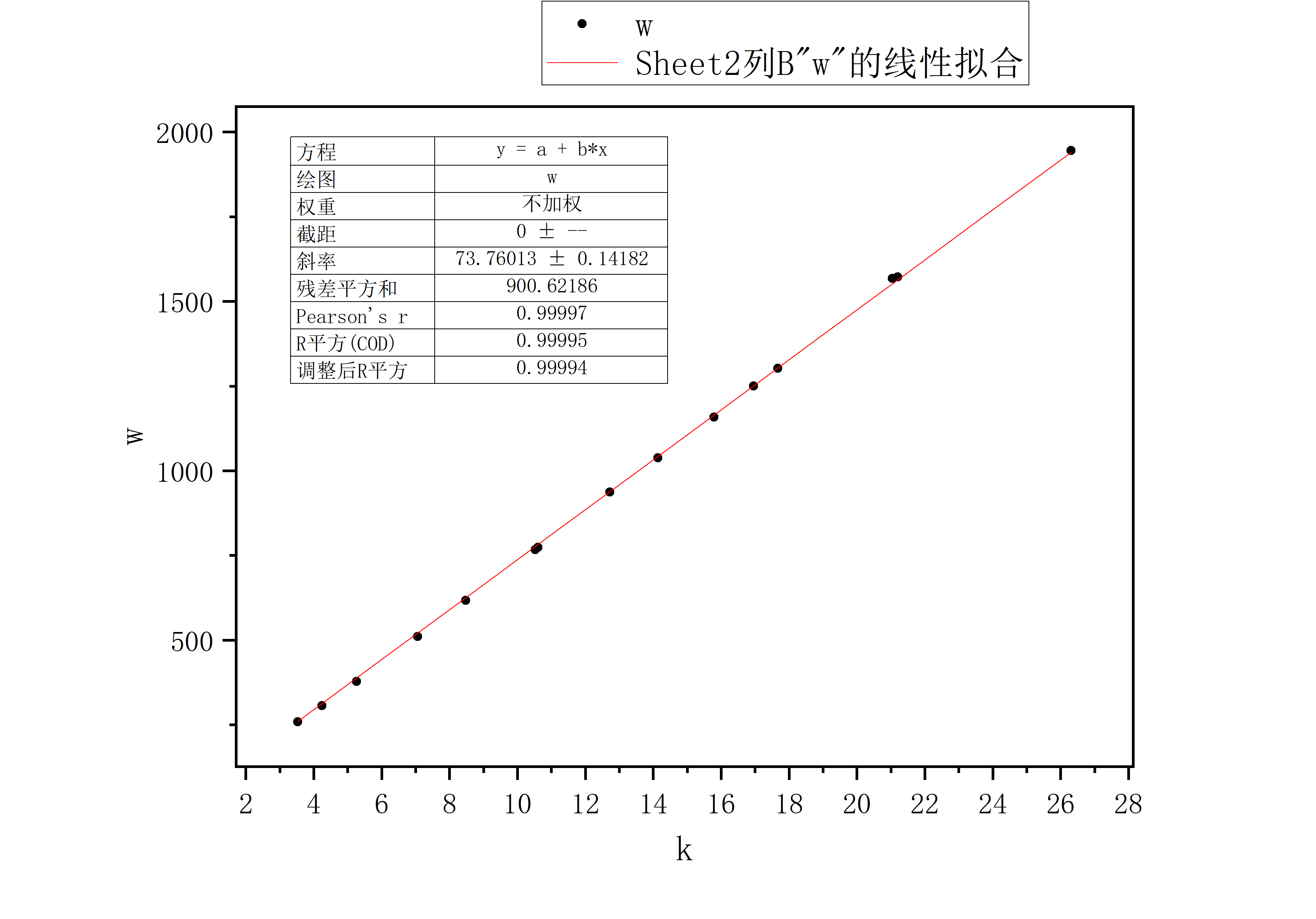
由测量数据可知，给定拉力与弦长，与弦的密度时，本征模式与本征频率近似成正比关系。与相符合。

**2． 固定拉力，测量弦上横波的色散关系。**

设置

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 本征模式 | 本征频率 |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

由

对色散关系进行拟合，如图

即得到弦上横波的色散关系

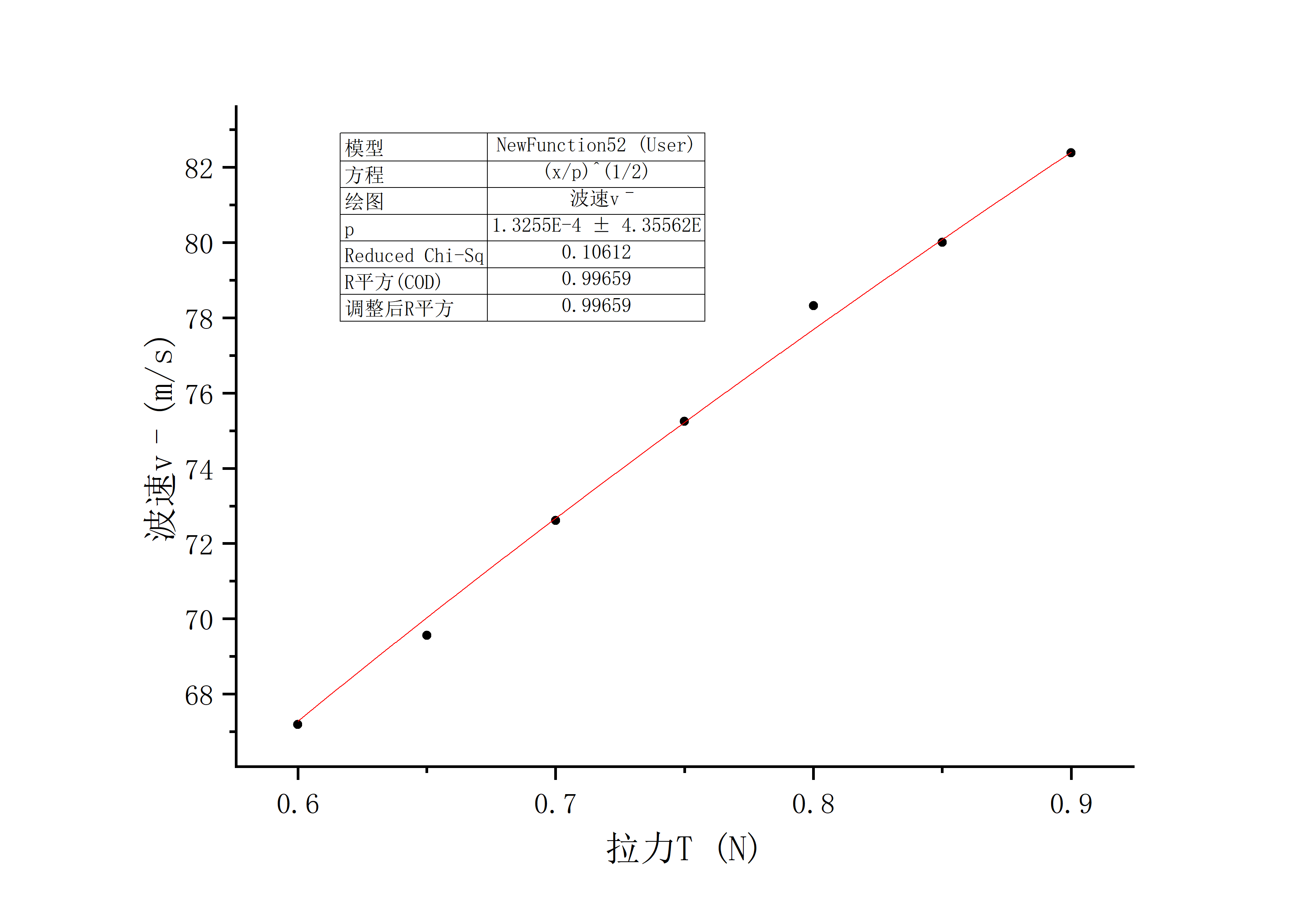
**3． 测量弦上横波的波速与拉力之间的关系。**

波速，我们对基频进行三次测量，则

设置

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 拉力 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

对 进行拟合，如图



故给定弦长，与弦的密度时，波速与拉力正相关

**4． 测量弦上横波的波速与弦密度之间的关系。**

设置

我们对基频进行三次测量，由

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材质 |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 对应波速 |  |  |  |

根据 可知 ，带入数据计算得

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材质 |  |  |  |
|  |  |  |  |

材质1，2，3分别对应越来越细的柔软细绳，即密度逐渐减小

故给定拉力与弦长，波速与弦的密度成负相关

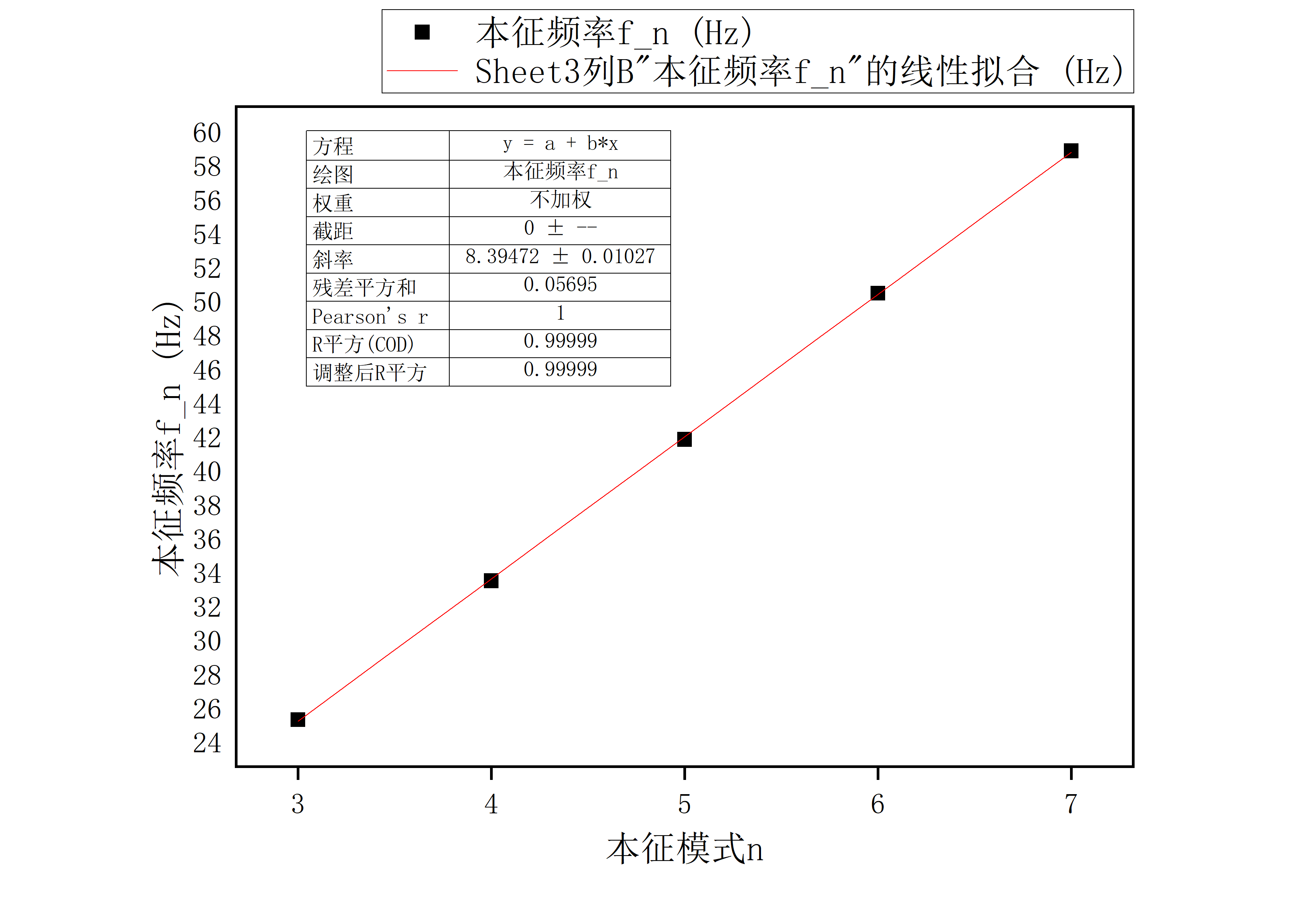
**5． 搭建实验装置，测量弹簧上纵波的本征频率。**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本征模式 |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

对多次测量取平均值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 本征模式 |  |  |  |  |  |
| 本征频率 | 25.275 | 33.470 | 41.813 | 50.443 | 58.837 |

根据 ，进行线性拟合如图



弹簧波速，测量 即可得弹簧波速