**利用波耳共振仪研究受迫振动**

实验人：陈依皓 学号：202211140007

## 【实验原理】

**1. 简谐振动**

振动是一类非常普遍的运动形式，最简单的振动模型是简谐振动，其微分方程为

一般通解形式为

式中，称为固有角频率，和分别称为振幅和初始相位

**2. 阻尼振动**

考虑实际物理系统存在摩擦耗散，假设摩擦力与速度成正比，简谐振动方程改写为线性阻尼振动方程，其微分方程为

一般通解形式为

式中，正数称为品质因数。越大，阻尼越小，振子维持振动的能力越强

**3. 受迫振动**

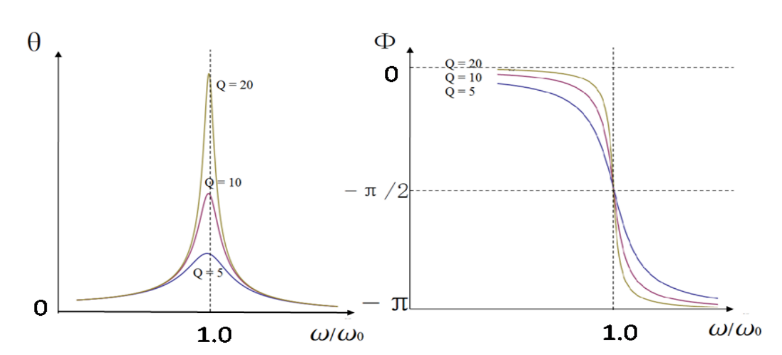
振子能够通过外界的驱动获得能量，能保持稳定的振幅而不会衰减。常见的情况是外界的驱动是正弦形式，对到正弦驱动的阻尼振子，其微分方程为

式中，和分别称为驱动振幅和驱动频率

达到稳定后，一般通解形式为

其中

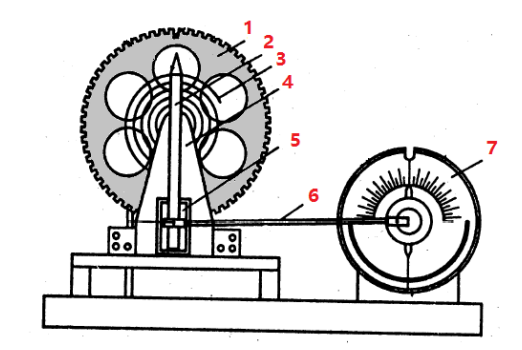
我们把稳定振动的振幅与驱动频率之间的关系称为幅频特性曲线，相位差与之间的关系称为相频特性曲线

不同值对应的幅频特性曲线与相频特性曲线如图

**4. 波耳共振仪的受迫振动**

本次实验我们使用波耳共振仪研究受迫振动，波耳共

振仪结构如图所示

蜗卷弹簧的两端分别固定在铝质摆轮和摇杆上，设摆轮和摇杆的角度分别为和，则摆轮受到的力矩

式中，，

阻尼线圈产生涡流会耗散能量，相当于提供了一种磁阻尼。摆轮受到的阻尼力矩为

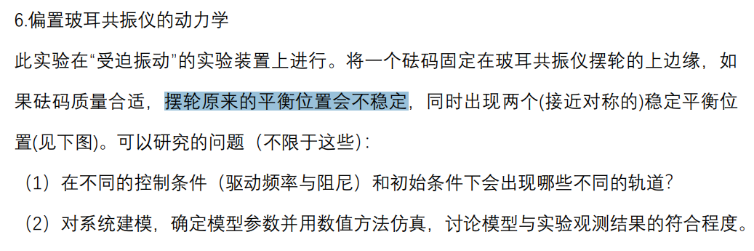
式中，𝐵为铁心空隙的磁场强度，为摆轮的角速度，为常数

故摆轮的运动方程为

即

对比前面介绍的受迫振动运动方程，可得

故摆轮做稳定的受迫振动时，其振幅为



## 【实验内容】

**1. 衰减法测量振子的固有频率和品质因数**

不加驱动，阻尼线圈的电压从 范围取值并固定。让振子偏离平衡位置， 然后释放，记录衰减振动曲线，用“阻尼正弦”对实验数据进行拟合，根据拟合参数计算和

**2. 标定电动机转速与驱动频率之间的关系**

设定好信号发生器，用“正弦” 拟合实验数据，得到驱动频率。多次改变电动机转速，测量相应驱动频率。利用线性关系拟合

**3. 稳态振动测量**

固定阻尼线圈电压，根据 测量点进行测量，得到幅频特性和相频特性曲线。

## 【实验数据及分析】

**1. 衰减法测量振子的固有频率和品质因数**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 线圈电压𝑈/𝑉 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  | 0 |  |  |  |
|  | 0 |  |  |  |

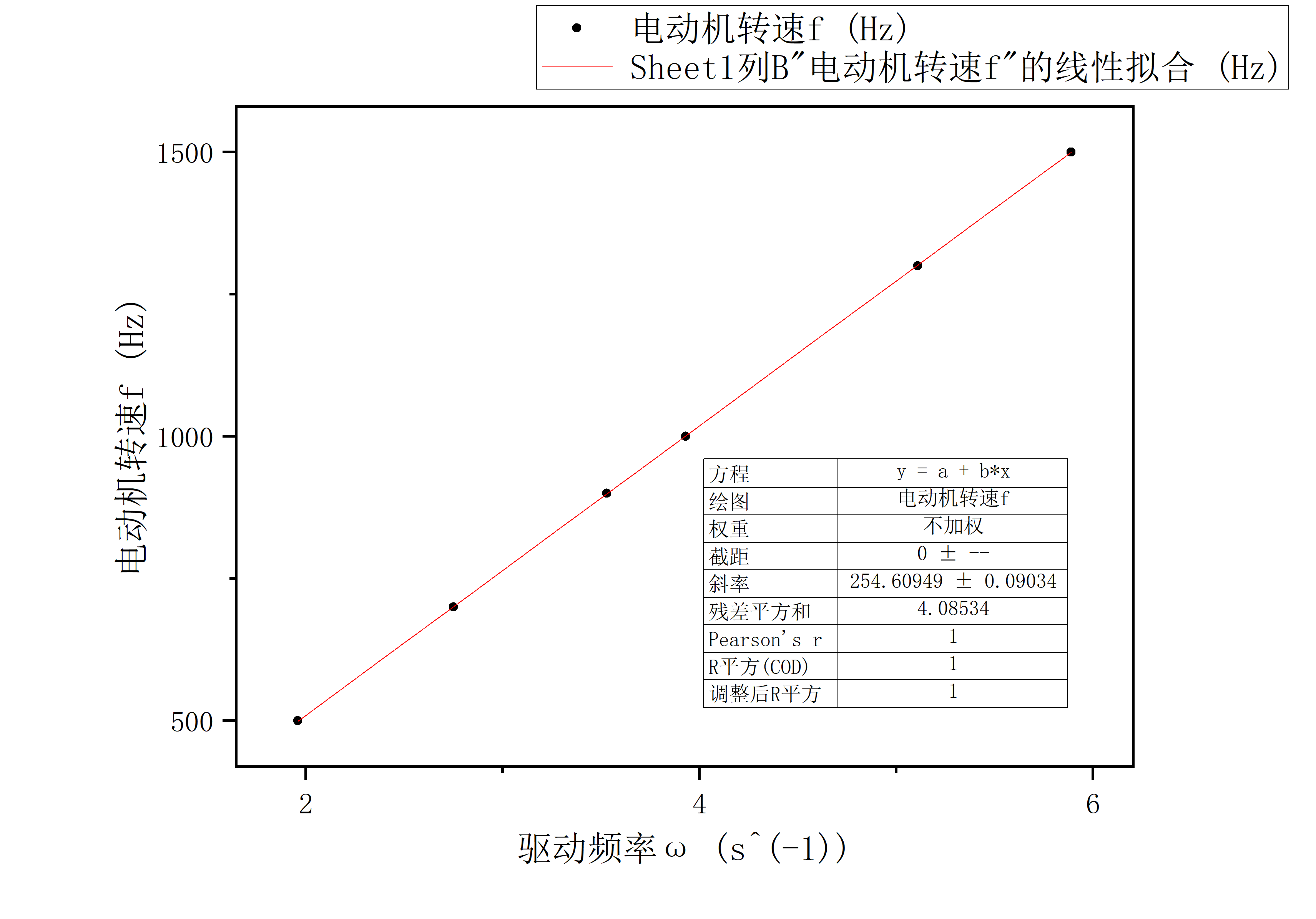
根据实验数据，多次测量取平均得

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 线圈电压𝑈/𝑉 |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**2. 标定电动机转速与驱动频率之间的关系**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |

对 线性拟合得

可知，由此即可标定电动机转速与驱动频率之间的关系

**3. 稳态振动测量**

电压，

实验测量数据如下

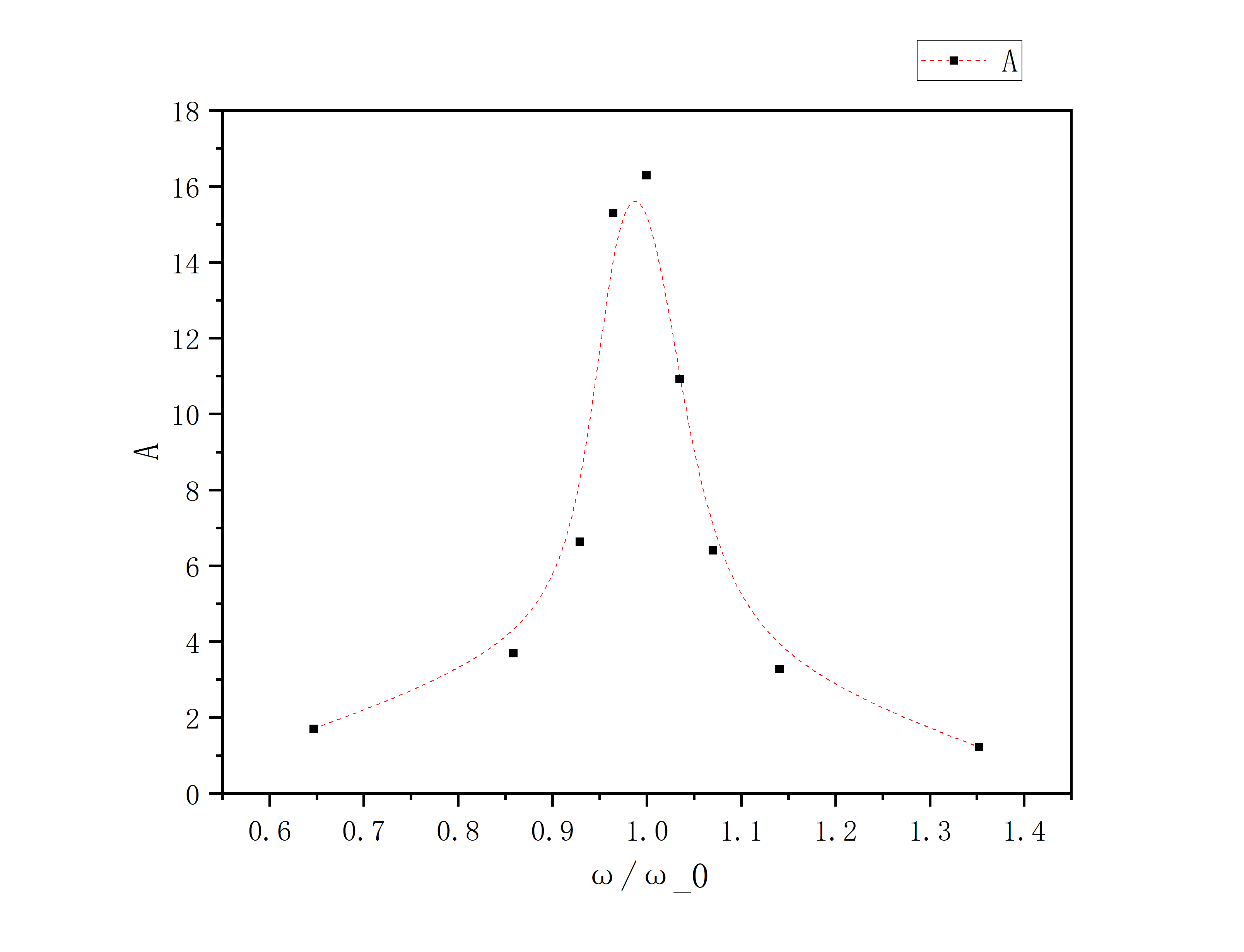
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

式中， ,

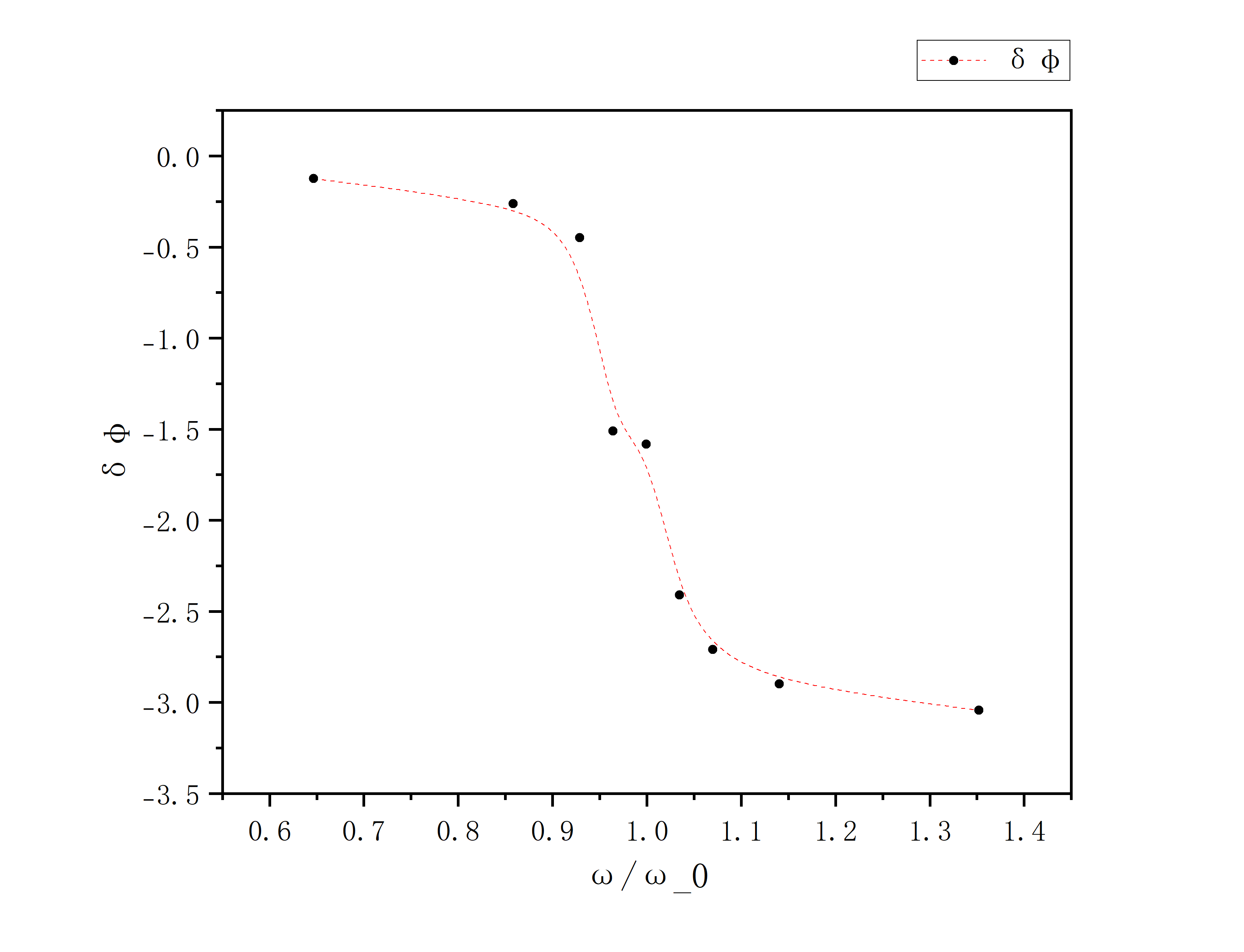
计算机拟合值时会出现的差值，在计算时已经修正

**绘制频率特征曲线**

1. 幅频特征曲线



2. 相频特征曲线



**【复习思考题】**

**1． 振子的品质因数在哪些方面决定振子的运动特性？**

在研究振子的振动时，我们从能耗方面引入了品质因数 ，定义为

显然阻尼越小，耗能百分比越低，振子维持振动的能力越强，品质因数 越高

由幅频曲线表达式 可知，共振峰的高度与成正比（即谐振的放大倍数），宽度与成反比。

**2． 实验结果哪些与受迫振动的理论模型相符，哪些存在差异，分析原因。**

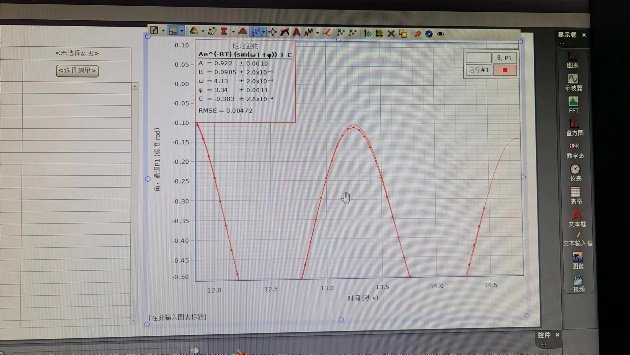
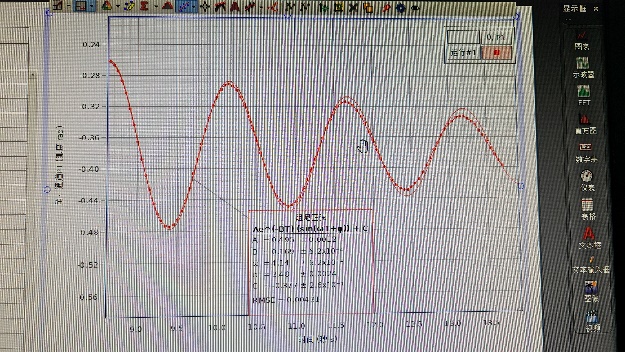
使用衰减法测量振子的固有频率和品质因数时，用“阻尼正弦”对实验数据进行拟合。当时间较短时，实验数据与拟合曲线符合的较好，但随着时间的增长，实验数据与拟合曲线之间出现较大偏差。这说明振子的运动并非完全是阻尼正弦，与理论模型存在偏差。考虑由于空气阻力对振子的影响，或者有可能是滑轮的摩擦，绳的缠绕方式等对实验的影响。

图 实验数据与拟合曲线之间出现较大偏差

频率特征曲线的形状基本符合特征——振幅在共振频率处达到极大值；相频特征曲线， 这些现象与理论模型相符。但应该注意的是 的测量点存在较大偏差，经过多次测量仍无法消除该偏差，与理论模型存在差异，具体原因有待讨论