**刚体转动惯量的测量**

实验人：陈依皓 学号：202211140007

## 【实验原理】

转动惯量刻画了定轴转动的刚体保持转动的能力。

对于本次实验要测量的圆环，若密度均匀，则它绕对称轴旋转的转动惯量为

式中为圆环的质量， 分别为圆环的外直径与内直径

本实验采用两种方法实测圆环的转动惯量

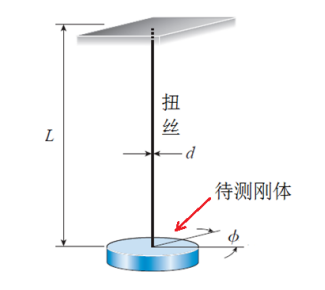
**方法 1：利用刚体定轴转动定理**

对刚体施加恒定的力矩T，测出对应的角加速度，两者之比就是转动惯量

考虑到未知但大小大致不变的摩擦力矩，本实验测出一系列力矩所对应的角加速度，用拟合测量数据，得到转动惯量

**方法 2：利用扭摆周期**

我们也可以利用如图所示的扭摆测量惯量

****当刚体相对平衡位置转动角度，扭丝会产生一个恢复力矩 ，由胡克定律

称为扭力系数，根据弹性理论，对圆柱形扭丝

式中，

根据转动理论有

这表明扭摆摆动为简谐振动*，*就是扭摆振动的固有角频率

于是得转动惯量

## 【实验内容】

**方法 1：利用刚体定轴转动定理**

1. 动力矩的计算

不考虑砝码的加速度时刚体受到的动力矩

式中 为砝码的质量，为重力加速度，为转动传感器绕线轮的半径’

考虑砝码的加速度，刚体受到的动力矩

2. 𝛽 的测量

利用转动传感器记录刚体一段时间内角度随时间变化的数据，根据匀加速运动模型

采用二次曲线 𝜃(𝑡)= + 𝐵𝑡 + 𝐶 拟合测量数据，则有

3. 测量转动惯量

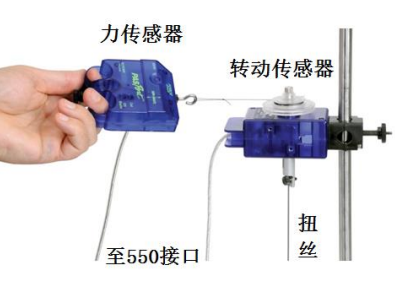
首先放置被测物体，调整砝码及砝码盘的质量 ，选择适宜的角加速度，测定对应的值

以动力矩为纵坐标，以角加速度 为横坐标，进行线性拟合，根据

可知直线截距就是系统的摩擦阻力矩，其斜率就是

然后将被测物体放置在载物台上，重复上述操作，得到直线的斜率即为 ，作差即可得到转动惯量

方法 2：利用扭摆周期

1. 测量扭丝的扭力系数

如图所示，将扭丝的一端在转动传感器的绕线轮上绕圈，另一端固定在力传感器的挂钩上。拉动力传感器，同时记录拉力和转角

根据 拟合数据，则有

2. 测量扭摆的固有角频率

将刚体固定到扭摆上，让摆偏离平衡位置一定角度然后释放，记录扭摆的振动曲线

用“阻尼正弦”拟合振动曲线，扭摆的固有角频率为

一般情况下*，，*我们可以直接取

转动惯量

先分别测量空载和负载情况下的系统转动惯量，两者之差就是待测圆环的转动惯量

## 【实验数据】

**1. 测量待测圆盘参数**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 内径 |  |  |  |  |  |
| 外径 |  |  |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 圆环质量 | 平均内径 | 平均外径 |
|  |  |  |

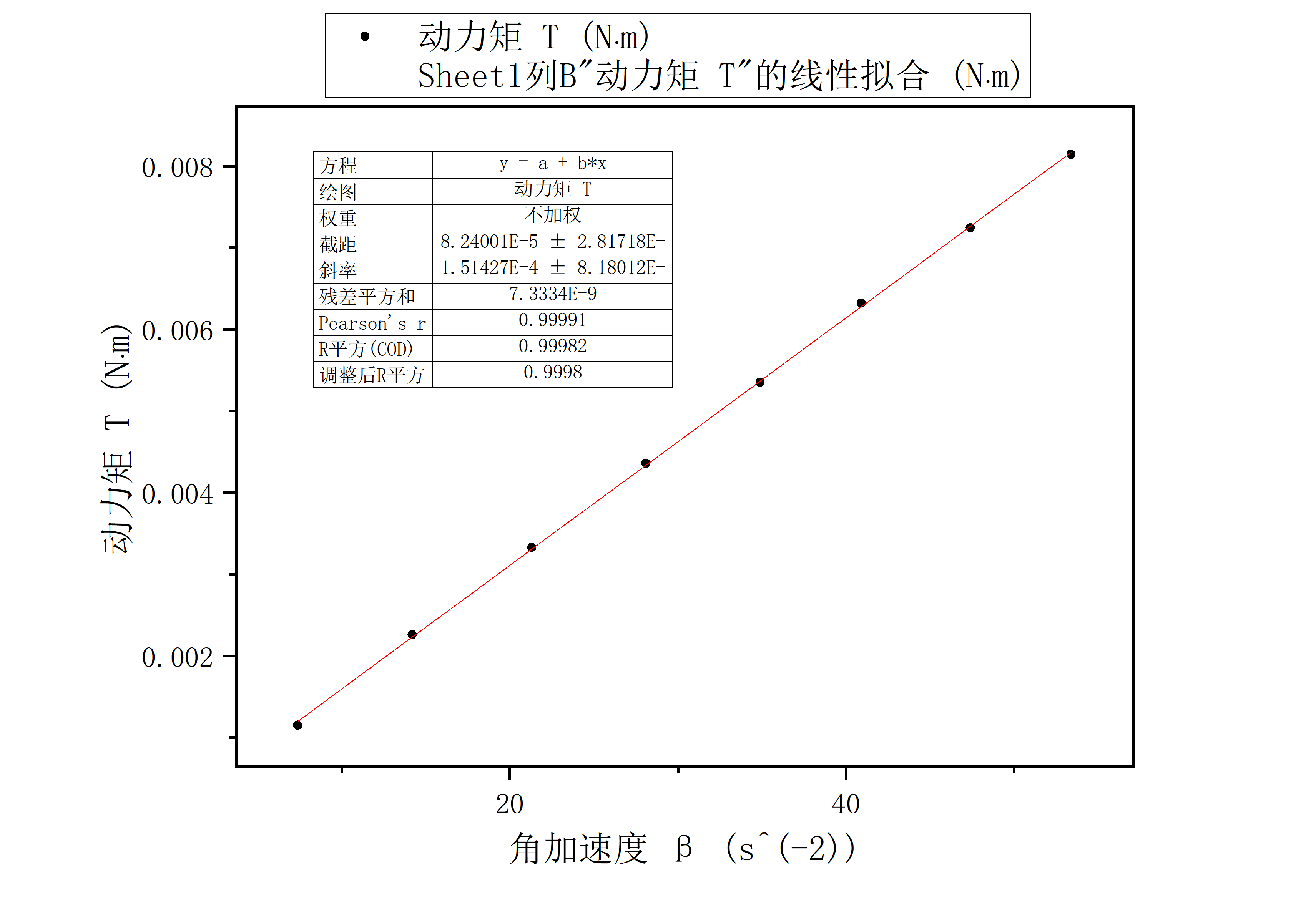
计算得

**2. 根据转动定理测量刚体的转动惯量**

空载时

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

以动力矩 为纵坐标，角加速度为横坐标线性拟合如图

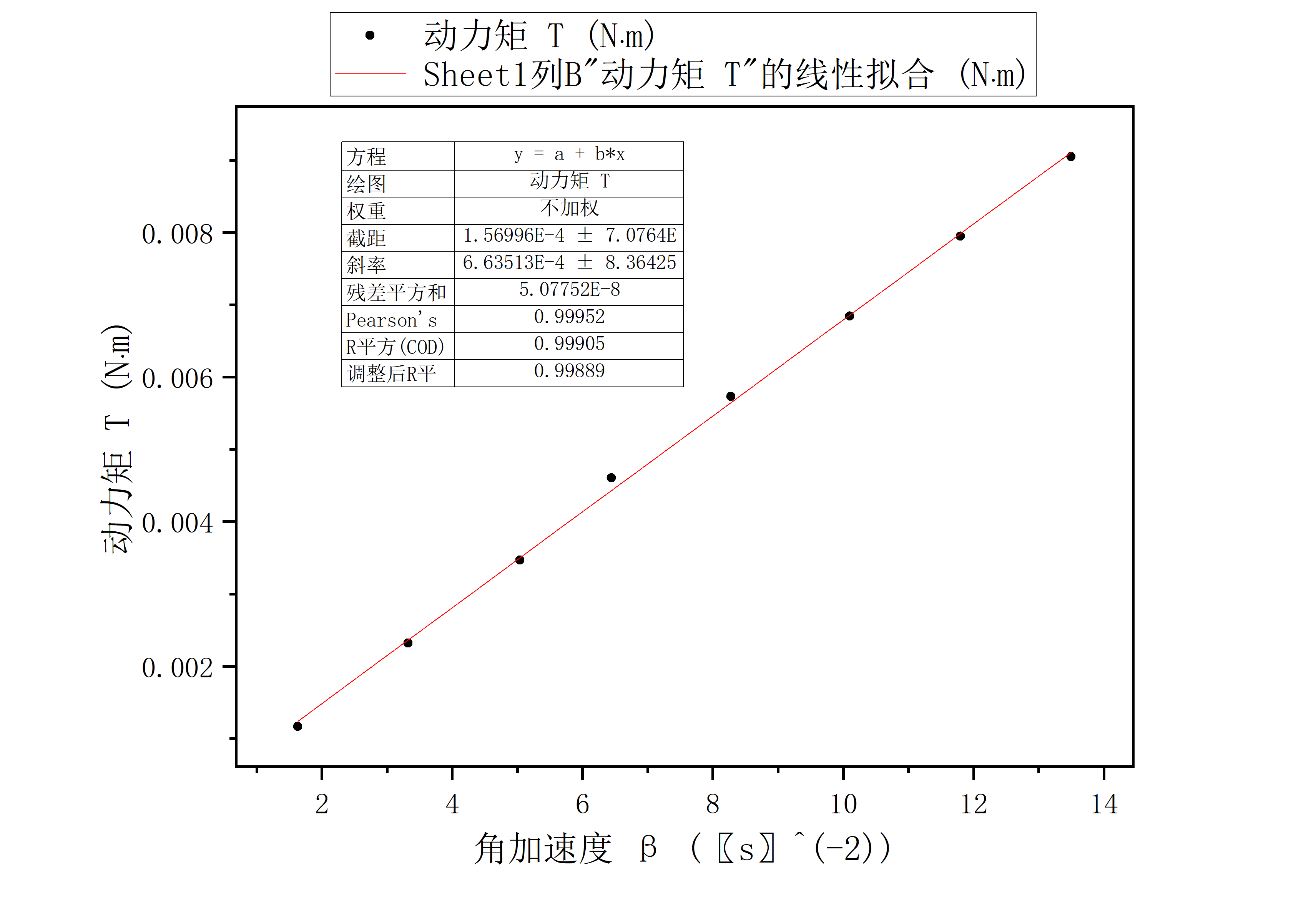


得

负载时

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 砝码质量 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 角加速度 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 动力矩 |  |  |  |  |  |  |  |  |

以动力矩 为纵坐标，角加速度为横坐标线性拟合如图

****

得

故转动惯量

相对误差

**3. 根据扭摆法测量刚体的转动惯量**

根

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

得

故扭力系数

得

对进行拟合

空载时

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

得

负载时

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

得

故转动惯量

相对误差

**【复习思考题】**

**1． 本实验用两种实验方法测量了圆环的转动惯量，比较这种方法的结果(以及理论计算)， 它们的差别是否在合理范围之内？说明理由。**

它们的差别最大不超过，在合理范围内

**2． 本实验多次采用理论模型拟合实验数据，这些理论模型与实际情况的符合程度如何？**

实验数据结果与理论模型符合较好，但实际操作中存在较多因素会使理论模型与实际情况产生偏差

* 第一个方法，砝码质量较大时，系统运动的速度较大，滑轮摩擦等因素可能产生非线性阻尼；仪器各个部件之间连接不够紧密，部件晃动影响砝码的匀加速运动；放置圆盘的载物台不够水平，圆盘绕中心轴转动条件收到破坏。本次实验使用不同编号的仪器进行了两次，第一次实验仪器存在上述问题较为明显，得到的实验误差较大，第二次实验仪器各个部件之间连接情况较好，且通过Capstone软件上记录条件的设置，针对不同的砝码质量选择合适的记录条件，减少系统速度较大时的非线性阻尼影响。
* 第二种方法，由于其他可能的非线性阻尼的影响，随着时间的增长 ，并不严格以“阻尼正弦”的运动模式运动 ，运动时间越长实际情况与理论模型偏差越明显。