

圆度误差测量实验指导

一、实验说明

圆度误差指实际被测圆相对于理想圆的变动量，是回转轴径向截面（即垂直于轴线的截面）的形状误差。圆度误差通常可用圆度仪、光学分度头、坐标测量装置、V形块和带指示表的表架等设备或装置进行测量。本实验将利用转台式圆度仪对零件的圆度进行测量。

二、实验目的

- 1.了解圆度仪的原理、结构及操作方法；
- 2.掌握圆度误差的测量与数据处理方法。

三、测量原理

利用转台式圆度仪进行圆度测量时，被测零件安置在工作台上，随工作台一起转动，传感器在支架上固定不动（如图 1 所示）。传感器感知的被测零件轮廓的变化经放大器放大，并作相应的信号处理，然后送到记录器记录或计算机显示。对记录的数据经过相应的数学处理，得到零件被测截面的圆度误差。

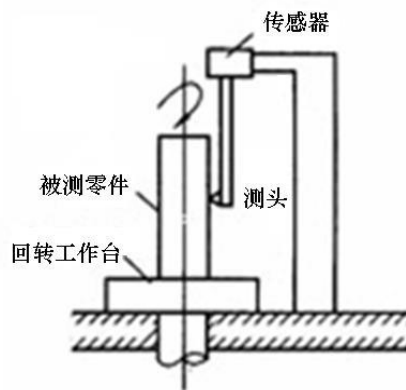
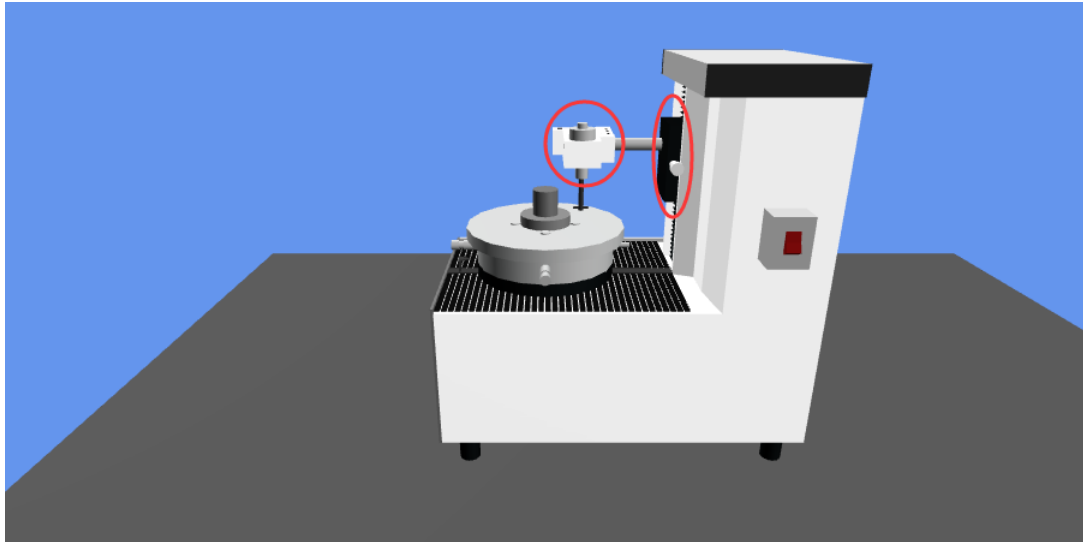


图 1 转台式圆度仪的工作原理

四、实验操作说明

1. 在实验目录中，选择“圆度误差测量实验”，打开实验场景；
2. 鼠标点击并拖动圆度仪探头的纵、横向滑块，调整测量探头的高度以及伸缩长度，使得测量探头与被测零件接触，且位于合适的测量高度。



实验数据：

序号	角度坐标(°)	相对矢径误差 $\Delta R_i(\mu\text{m})$
0		
1		
2		
3		
4		
5		

极坐标图

开始测量

最小二乘法计算圆度误差

计算结果：

u1(μm)	u2(μm)	R(mm)	圆度误差(μm)

图 2 利用圆度仪测量圆度的实验场景

3. 用鼠标点击圆度仪的开关或“开始测量”按钮，回转工作台带动被测零件旋转一周，传感器自动测量各角度的半径变化量，并将数据记录于实验数据区，同时以极坐标的形式作出矢径折线（图 3）。

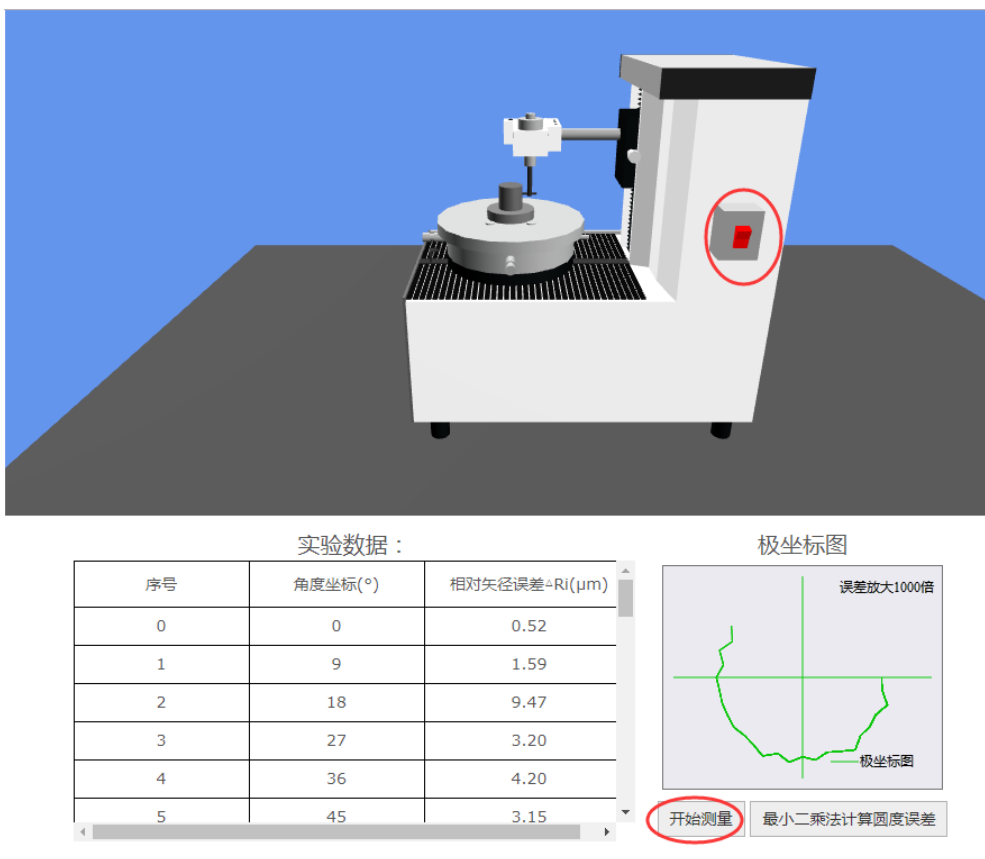


图 3 圆度测量与数据记录

4. 点击“最小二乘法计算圆度误差”按钮，系统自动计算出最小二乘圆和圆度误差。同时，作出最小二乘圆的图形，并将圆度误差等数据填入表格中（图 4）。（ (u_1, u_2) 为最小二乘圆的圆心坐标， R_{LS} 为最小二乘圆半径）



图 4 圆度误差计算及结果显示

五、补充知识——利用最小二乘法计算圆度误差

记录被测零件回转一周的过程中截面各点的半径变化量，根据对应角度画出相应的极坐标图，然后用最小二乘法计算圆度误差。

最小二乘圆是一个理想圆，它使从实际被测轮廓上各点到该圆的距离的平方和为最小，以其圆心为中心，作两个同心圆包容实际被测轮廓，两圆上至少应各有一个实测点。取两圆的半径差作为圆度误差。

设以各测点的读数 ΔR_i 加上起始圆半径 R 代表实际轮廓上各点到回转中心的距离 R_i ，测点数为 n ，圆度误差的求解过程如下：

(1) 求最小二乘圆的圆心坐标 (u_1, u_2) 和半径 R_{LS} 。

$$\begin{cases} R_{LS} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R + \Delta R_i) \\ u_1 = -\frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta R_i \cos \theta_i \\ u_2 = -\frac{2}{n} \sum_{i=1}^n \Delta R_i \sin \theta_i \end{cases}$$

$$\text{式中, } \theta_i = i\theta = i \frac{360^\circ}{n}。$$

(2) 求实际轮廓上各点与最小二乘圆的距离 Δr_i 。

$$\Delta r_i = R_i - (R_{LS} + u_1 \cos \theta_i + u_2 \sin \theta_i)$$

(3) 计算圆度误差值 f 。

$$f = \max \{ \Delta r_i \} - \min \{ \Delta r_i \}$$