

# 机械工程基础实验

## 实验报告



姓 名:	徐屹寒
学 院:	机械工程
专 业:	机械工程
学 号:	3230103743
分 组:	第三组

浙江大学机械工程实验教学中心

2025 年 9 月

## 实验一 凸轮运动精密测量实验

### 一、实验目的

- 1、利用实验台凸轮廓线的手动测试和自动测试功能，通过实验了解凸轮廓线的测试方法；
- 2、通过计算机对凸轮机构从动件（摆动和直动）的运动参数进行采集、处理，作实测的从动件运动规律曲线图，深入了解不同规律的盘形凸轮和圆柱凸轮机构的运动特点。
- 3、通过凸轮机构运动参数曲线实测结果和理论仿真曲线的对比，比较两者之间的差异，分析误差原因。
- 4、利用实验台凸轮机构从动件的运动规律反求功能，了解根据凸轮轮廓的检测数据和测量获得的机构基本尺寸，反求从动件的位移、速度和加速度的数值函数变化规律的方法。

### 二、实验原理

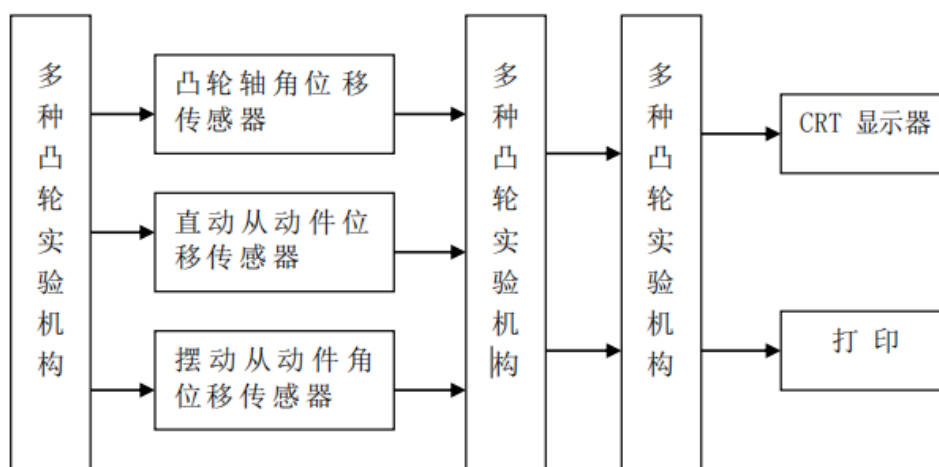


图 1-1 实验系统框图

对凸轮轮廓进行检测的方式分为两类。一类是将检测装置构造成与凸轮机构相同的结构形式，直接测出从动件的运动规律（静态）参数，并与期望的运动规律进行比较，对成品的优劣进行鉴别。这种检测方式通常是在生产线上对批量化生产的凸轮进行加工质量检验时应用，例如内燃机中的配气凸轮的检验常用这种方法。另一类是通用的检测方式，利用检测设备测量凸轮轮廓坐标数据，同时也利用常规的测量方法测得机构的基本尺寸。无论使用何种测量设备，都是要取得一组反映轮廓曲线形状的角度和长度数据。

### 三、实验内容（含设备、步骤）

#### 设备：

- 1、多种凸轮实验机构 1 套。
- 2、凸轮轴角位移传感器、角度盘，各 1 个，测量凸轮回转轴角位移。
- 3、直动从动件位移传感器、百分表，各 1 个，测量直动从动件位移。
- 4、摆动从动件角位移传感器 1 个，测量摆动从动件摆动角位移。
- 5、凸轮机构运动精密测量系统（单片机系统）。
- 6、计算机
- 7、打印机

### 实验步骤:

(1) 手动检测实验操作: 手动转动电机手轮, 测量记录凸轮旋转时直动从动件的位移数据, 再测出凸轮基圆半径, 基于测量数据绘制凸轮廓线极坐标图。

操作步骤:

- ① 安装百分表, 注意百分表读数, 内圈小圈是主刻度 (0~50mm), 外圈大圈是百分刻度 (1 圈 1mm, 100 格刻度, 每格刻度 0.01mm), 确保百分表安装位置能完整测量凸轮轮廓。
- ② 注意直动从动件类型 (尖顶、滚子、平底直动从动件) 并测量接触点参数, 调节从动件偏距为 5mm-20mm, 且确保从动件在凸轮运动过程中不会与其他零部件 (例如摆动从动件) 干涉。
- ③ 手动转动电机手轮, 使凸轮从刻度 0 处开始, 每转过  $10^{\circ}$ , 记录百分表读数。
- ④ 测量凸轮基圆半径, 绘制凸轮廓线。

(2) 自动检测实验操作步骤: 通过实验软件测量记录凸轮旋转时摆动从动件角度位移, 再测出摆动从动件的安装位置及结构尺寸, 基于测量数据绘制凸轮廓线极坐标图。

- ① 拆除实验 (1) 中安装的百分表, 启动实验台电机, 调节电机转速 25~30r/min。
- ② 打开实验软件, 选择“从动件运动规律测试”。配置里选择“摆动从动件”、“角度”, 然后开始采样, 采集摆动从动件的角度数据, 1-2 周期, 等待系统采样完毕, 打印出曲线图。
- ③ 观察测量摆动从动件的安装位置及结构尺寸 (例如: 摆杆长度、摆杆轴与凸轮轴距离, 摆杆滚子半径等), 根据摆动从动件角度位移曲线及摆杆尺寸数据绘制凸轮廓线图。

#### 四、实验结果

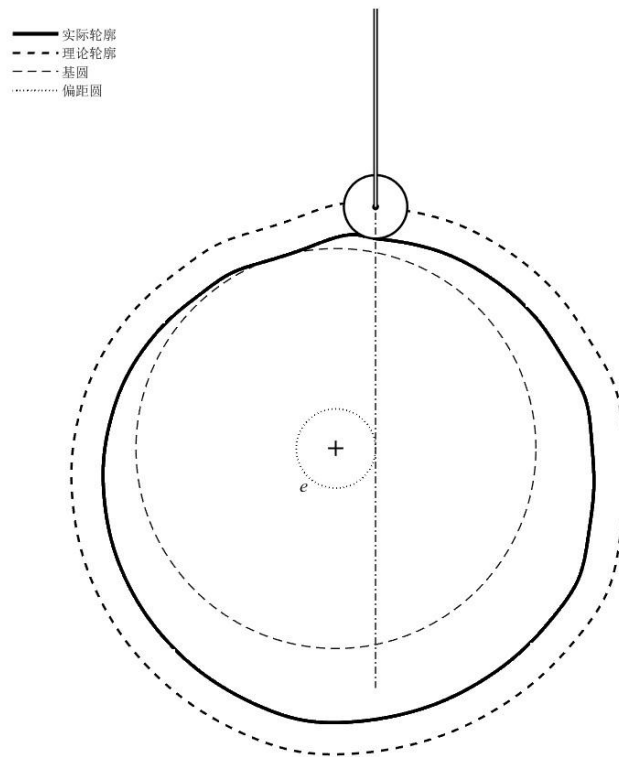
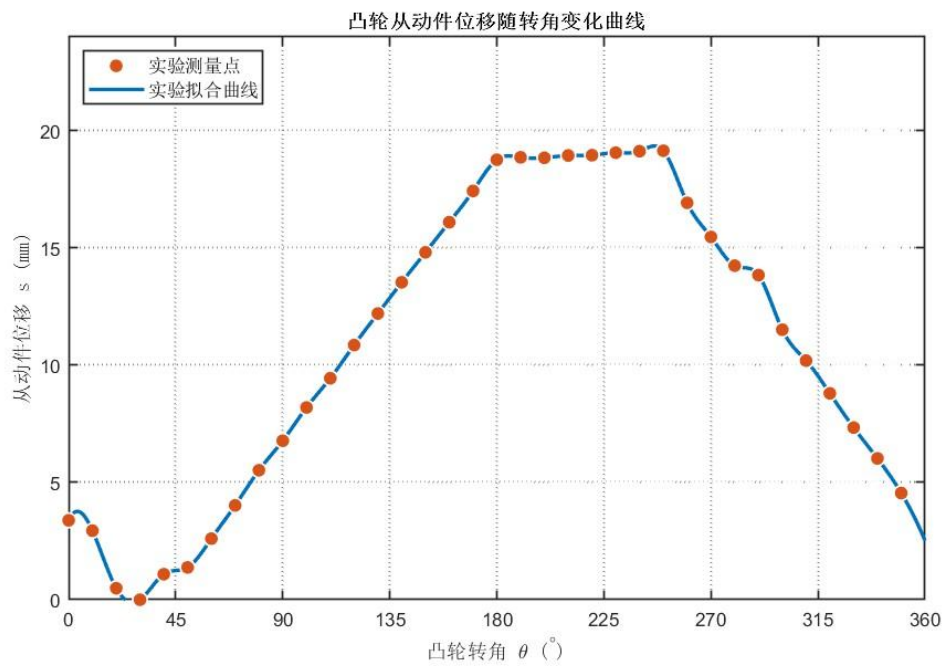
##### 1、手动检测实验数据记录

凸轮基圆半径(mm)：50.44      偏距(mm)：10.00

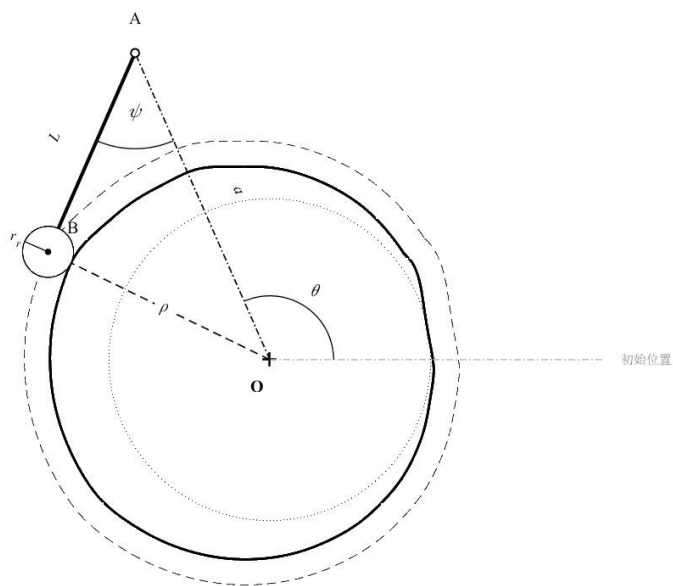
从动件类型及参数： 直动从动件;摆杆滚子半径：8.0mm

凸轮转角	直动从动件 位移(mm)	相 对 位 移 (mm)	凸轮转角	直动从动件 位移(mm)	相对位移 (mm)
0°	8.058	3.385	180°	23.438	18.765
10°	7.618	2.945	190°	23.540	18.867
20°	5.163	0.490	200°	23.520	18.847
30°	4.673	0.000	210°	23.618	18.945
40°	5.761	1.088	220°	23.630	18.957
50°	6.049	1.376	230°	23.738	19.065
60°	7.278	2.605	240°	23.800	19.127
70°	8.694	4.021	250°	23.820	19.147
80°	10.195	5.522	260°	21.600	16.927
90°	11.451	6.778	270°	20.145	15.472
100°	12.872	8.199	280°	18.918	14.245
110°	14.118	9.445	290°	18.517	13.844
120°	15.532	10.859	300°	16.190	11.517
130°	16.878	12.205	310°	14.869	10.196
140°	18.210	13.537	320°	13.472	8.799
150°	19.487	14.814	330°	12.015	7.342
160°	20.772	16.099	340°	10.698	6.025
170°	22.107	17.434	350°	9.222	4.549

2、根据手动检测实验数据绘制位移图，进而绘制凸轮轮廓图。



摆杆滚子半径: 8.0mm



图中  $\theta$  代表凸轮转角， $a$  代表摆杆轴和凸轮轴距离， $L$  代表摆杆长度， $r_r$  代表滚子半径， $\psi$  代表从动件摆角， $\rho$  代表此处基圆圆心距凸轮轮廓曲线对应点的距离。

在三角形  $ABO$  内运用余弦定理，即可求解出凸轮轮廓曲线。

## 五、思考题

1、凸轮轮廓检测方式分为几类，有什么不同？

答：

1. 模拟工作状态检测：

将检测装置构造成与凸轮机构相同的结构形式，直接测出从动件的运动规律（静态）参数，并与期望的运动规律进行比较。通常用于生产线上对批量化生产的凸轮进行加工质量检验（如内燃机配气凸轮）。侧重于成品优劣的鉴别，直接反映使用性能。

2. 通用检测方式：

利用检测设备（如实验台的传感器）测量凸轮轮廓的坐标数据（角度和长度数据），同时也测得机构的基本尺寸。用于凸轮的反求工程，通过数据分析计算，分离加工误差，反求从动件的位移、速度、加速度规律。侧重于获取轮廓几何数据，通过计算分析来评定性能或指导复制、改进设计。

2、说明实验中所采用的从动件类型与偏置程度对凸轮机构性能的影响。

答：

### 从动件类型的影响：

尖顶从动件：能精确反映凸轮轮廓的变化，适合复杂轮廓，但尖顶易磨损，承载能力差。

滚子从动件：磨损小，承载能力强，应用最广，但滚子半径会影响凸轮的实际工作轮廓（需考虑滚子半径对理论轮廓的修正），若滚子半径过大可能导致运动失真。

平底从动件：接触面间易形成油膜，受力好，但不能用于具有内凹轮廓的凸轮。

### 偏置程度（偏距）的影响：

改变压力角：适当的偏置可以减小推程或回程的压力角，改善受力情况，避免自锁，提高传动效率。

改变行程特性：偏置会改变从动件的行程起始位置和推程/回程运动角，从而影响从动件的运动规律（位移、速度、加速度）特性。



## 实验二 回转件动平衡实验

### 一、实验目的

1. 巩固和验证刚性回转件动平衡的理论知识。
2. 掌握回转体动平衡方法并了解动平衡机的一般工作原理。

### 二、实验原理

转子动平衡检测一般用于轴向宽度  $B$  与直径  $D$  的比值大于 0.2 的转子（小于 0.2 的转子适用于静平衡）。根据回转构件动平衡理论得出的结果：质量分布不在同一回转面内的回转构件，它的不平衡都可以认为是在两个任选回转面内，由向量半径分别为  $r'$ 、 $r''$  的两个不平衡质量  $m'$  和  $m''$  所产生。因此，只需针对  $m'$  和  $m''$  进行平衡就可以达到回转构件动平衡的目的。

经过平衡实验的转子还会存在一些残存的不平衡量，要减小残存的不平衡量势必要提高平衡成本，而实际工作中并不需要完全的平衡。因此，根据工作要求，对转子规定适当的许用不平衡量是有很必要的。

### 三、实验内容（含设备、步骤）

#### 实验设备：

##### 1、硬支承支动平衡机试验台

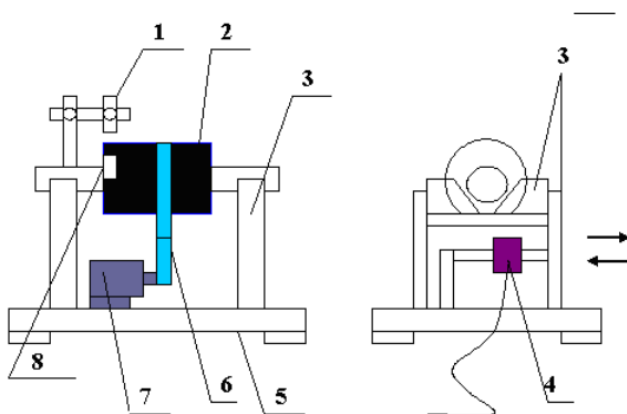


图 2-1 硬支承实验台结构简图

- |         |        |           |         |
|---------|--------|-----------|---------|
| 1、光电传感器 | 2、被试转子 | 3、硬支承摆架组件 | 4、压力传感器 |
| 5、减振底座  | 6、传动带  | 7、电动机     | 8、零位标志  |

如图所示，试验台由光电传感器、被试转子、硬支承摆架组件、压力传感器、减振底座、传动带、电动机、零位标志等部件组成。

系统由计算机、数据采集器、高灵敏度有源压电力传感器和光电相位传感器等组成。系统框图如下：

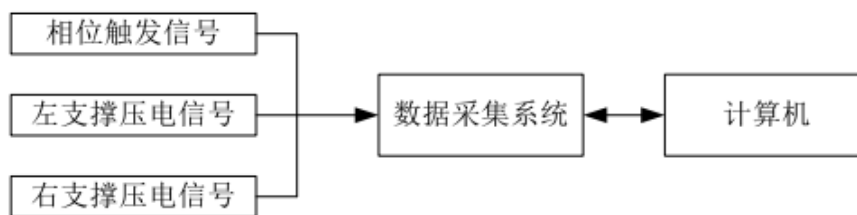


图 2-2 系统框图

## 2、平衡用磁铁：

方磁铁： $6\times 1.2\text{g}$ ； $6\times 0.7\text{g}$ ； $6\times 0.4\text{g}$ ； $20\times 0.3\text{g}$ ； $20\times 0.13\text{g}$ ； $20\times 0.03\text{g}$

### 实验步骤：

使用磁铁模拟不平衡的转子，然后通过动平衡实验台机测量不平衡量、添加平衡磁铁，反复实验操作过程，直到转子达到许用的不平衡量为止。

(1) 打开动平衡实验台电源，启动电机，打开电脑桌面上的测试程序，测试动平衡实验台检测信号是否正常输出。

(2) 系统标定，在两侧  $0^\circ$  位置各加载 1 颗最大号的磁铁（用手拉动传动带使轴旋转到对应角度，轴端边缘与磁铁边缘重合，刻度对准磁铁中心），磁铁均称重，然后在标定设置中把称重结果填入，自动标定测量 10 次，观察测量界面波形，左右两侧曲线基本重合，相位基本保持水平。

(3) 标定完毕后保存，单击界面上自动采集查看标定结果，此时实验系统会排除初始不平衡量，界面左右显示的不平衡量与加载的磁铁质量基本一致，角度在  $\pm 10^\circ$  以内，记录标定结果。

(4) 将左右初始磁铁都调整到任意角度模拟不平衡的转子，记录此时的磁铁重量、角度，1a。

(5) 启动电机，软件界面单击自动采集，记录界面显示的左右不平衡量和角度，1b。数据分析完毕后，先界面停止测试，再关闭电机开关，后续测试操作也是先启动电机，再开始界面自动采集。

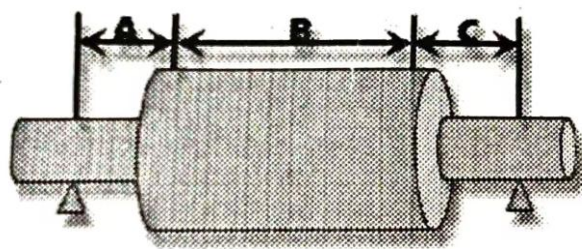
(6) 在 1b 数据  $180^\circ$  位置增加 1 个小于不平衡量的磁铁（磁铁称重，考虑验证实验设备在不同加载量下的动平衡实验效果，每次选择不平衡量的 40%~80% 质量的磁铁进行加载），2a。

(7) 继续 2b、3a、3b、4a、4b……直到动平衡效果达到极限，实验中平衡精度要求达到 0.2 克以下。

(8) 将所有数据记录到实验报告上，打印实验结果。实验完毕后将实验中所用的磁铁分类整理好，恢复设备到实验前状态。

#### 四、实验结果

##### 1、转子形状的简图和数据（单位：mm）



平衡面位置数据：A= 29.5

B=62

C=29.5

转子半径：R = 21.5

##### 2、记录下表

平均转速：1100r/min

序号	左偏重（克）	左方位（度）	右偏重（克）	右方位（度）
标定结果	1.24	358.14	1.12	359.35
1a	1.19	90	1.17	60
1b	1.21	82.24	1.06	58.54
2a	0.71	262.24	0.72	238.54
2b	0.53	88.65	0.48	52.62
3a	0.27	268.65	0.25	232.62
3b	0.29	112.76	0.22	65.83
4a	0.13	292.76	0.14	245.83
4b	0.14	120.71	0.11	49.86
5a	0.030	300.71	0.028	229.86
5b	0.14	123.11	0.09	61.80

a: 人工调节的磁铁质量和方位

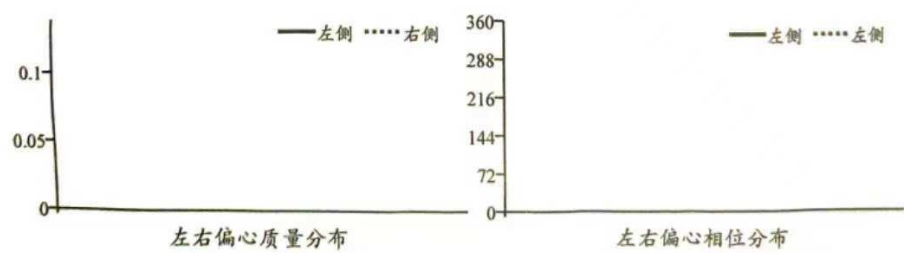
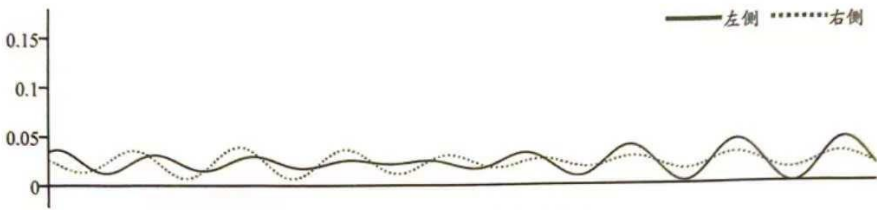
b: 电脑显示的不平衡量和方位

3、打印平衡后实验结果

动平衡实验报表

学生信息

学校:	9an5	学院:	9an5
姓名:	zhangsan	年级:	9an5
学号:	1111	实验时间:	2025-12-01_10-20-34



实验结果

实验结论:	合格	转子转速:	1098.24转/分钟	实验转子模型
左不平衡量:	0.035 克	右不平衡量:	0.017 克	
左不平衡相位:	168.89 °	右不平衡相位:	42.45 °	



## 五、思考题

1、哪些类型的试件需要进行动平衡试验？为什么要取两个校正面才能校正动平衡？试件经动平衡后是否还需要进行静平衡？

答：

根据实验指导书，一般用于轴向宽度  $B$  与直径  $D$  的比值大于 0.2 的转子。此外，凡是工作转速较高、对平稳性要求高的回转件（如电机转子、机床主轴等）都需要进行动平衡。

### 为何取两个校正面：

质量分布不在同一回转面内的不平衡（力偶不平衡或动不平衡），不能通过单个平面的质径积来完全平衡。其不平衡效应可以简化为两个任选回转面内的两个不平衡质量产生的离心力。因此，必须在两个校正面上同时加或减配重，产生两个平衡力矩，才能同时消除静不平衡（力）和动不平衡（力矩），使转子达到动平衡。

2、转子上的反差标志起什么作用？

作用是提供相位基准和转速信号。实验台上的光电相位传感器需要识别转子旋转的一周信号。反差标志贴在转子上，当转子旋转时，传感器检测到标志经过会产生一个脉冲信号。从而可以计算脉冲频率以获得转子的实时转速。以及产生与转子旋转同频同相的参考信号（零位信号），用于确定不平衡量的角度，即以此标志为  $0^\circ$  基准来测量不平衡质量所在的位置。