

## 实验二十七 用波尔共振仪研究受迫振动

### 一、实验任务

1. 测量波尔共振仪的固有频率；
2. 观测阻尼振动下振幅与周期的关系，计算阻尼系数；
3. 学习频闪方法在受迫振动中的应用，观测受迫振动的幅频特性和相频特性曲线；
4. 拓展内容：观测受迫振动驱动阶段（由静止到稳定振动）的振幅变化规律。

### 二、面板介绍

仪器面板采用菜单式操作，主要有：显示屏、上下左右键、确认键、强迫力周期调节钮、复位键、闪光灯键。显示屏显示目前的操作状态和测量数据。“左、右”键用于左右移动光标选择项目；“上、下”键用于光标位置处的功能开或关，此时两键作用相同。需要执行光标所在处的功能时，可按“确认”键。进行强迫振动测量时，可通过旋转“强迫力周期”旋钮改变电机的转动周期；读取相位差时，可按住“闪光灯”键，闪光灯闪烁。

实验中，我们采取“单机模式”。

### 三、操作要点

#### 1. 测固有周期 $T$

选择“自由振荡”，令初始角位移约  $140^\circ$  逆时针扳动摆轮，之后放手，选择“测量”的“开”状态。测量 10 次后。选择“测量”的“关”状态。选择“回查”键，“确认”键，用“上、下”键翻查，记录固有周期  $T_1$ 、 $T_2$ 、…… $T_{10}$ 。平均后求固有周期  $T_0$ 。

#### 2. 测阻尼系数 $\beta$ ，绘制位移-时间图

选择“阻尼振荡”，选择“阻尼 1”，“确认”。令初始角位移约  $140^\circ$  逆时针扳动摆轮，之后放手，选择“测量”的“开”状态。测量 10 次后，“测量”键自动改为“关”状态。选择“回查”键，“确认”键，用“上、下”键翻查，记录周期  $10T$  及每个周期对应的角位移  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、…… $\theta_{10}$ ，作图画出  $\ln \theta - t$  曲线，通过斜率求  $\beta$ 。

阻尼 1       $10T =$       s

t	1T	2T	...	10T
$\theta$			...	

选择“阻尼 3”，重复上述过程。

#### 3. 测幅频特性曲线和相频特性曲线

选择“阻尼振荡”、“阻尼 1”，选择“确认”，“返回”，选择“强迫振荡”。选择“电机”开，观察振幅稳定后（判据：摆轮周期和电机周期显示相等，摆轮振幅基本不随时间而变（在三个到四个周期内）），记录角振幅和周期，然后按住“闪光灯”按钮，记录闪光灯闪光时有机玻璃白色刻线位置，此即相位差。

要求相位差在  $30^\circ \sim 150^\circ$  之间至少测 12 组数据。共振点附近（ $90^\circ$ ）数据要相对密集些。建议测量时相位差在此区间内由小到大或由大到小发生改变，方法是旋转“强迫力周期”旋钮。

测量结束后将“电机”改为“关”。

作幅频特性曲线和相频特性曲线，并定性说明其特征。记录表格如下。

位相差				
振幅				
强迫力周期				
强迫力频率 ( $\omega/\omega_0$ )				

“阻尼选择”改为“阻尼 3”，重复以上过程。

4. 拓展内容：观察受迫振动的驱动过程，并绘制振幅--时间曲线

选择“阻尼振荡”、“阻尼 1”，选择“确认”，“返回”，选择“强迫振荡”，让波尔摆静止（手轻轻触摸使他静止，不要使劲以防损坏），选择“电机”的“开”状态，手动逐一记下振幅，直至摆轮和电机周期一致，“电机”改为“关”状态。绘制位移--时间曲线，定性说明特征并加以解释。

t	1T	2T	...	
$\theta$			...	

四、注意事项

1. 波尔共振仪各部件都经精细调整，切勿随意摆弄弹簧、联杆、光电脉冲转换器等部件。
2. 摆轮启动须逆时针方向（压缩弹簧方向）扳动，不得超过 180°。
3. 不用时，勿按“闪光灯”按钮，以免影响其使用寿命。
4. 强迫力旋钮左旋，闪光刻线左旋，反之亦然。
5. 测幅频特性曲线，如果遇到闪光刻线有两个读数的情况，取左边数值（因豁口有宽度）。
6. 电机转动时，勿把持有机玻璃盘，以免烧毁电机。

五. 报告要求

1. 求固有周期  $T_0$ 。
2. 在同一坐标下内画出  $\ln\theta \sim t$  曲线，然后用斜率作图法求出阻尼“1”，阻尼“3”档各自的阻尼系数  $\beta_1$  和  $\beta_3$ 。对二者的异同给出简要解释。
3. 分别画出幅频特性曲线（阻尼“1”和阻尼“3”）和相频特性曲线（阻尼“1”和阻尼“3”），给出定性的解释。
4. 拓展内容：绘制受迫振动驱动阶段的振幅--时间曲线，定性说明特征。

六. 讨论题

1. 描述受迫振动幅频特性和相频特性曲线的特征，本实验中如何判断波尔摆达到了共振状态？
2. 举例说明受迫振动在生产生活和工程技术领域中的应用（举一个例子并简述其原理）。