

# 第九届全国高等学校 物理实验教学仪器评奖推荐书

自制实验仪器名称：非线性扭摆的改造与研究

实验教学中心名称：北京邮电大学物理实验中心

所 在 院 系：理学院

自制实验仪器负责人：杨胡江

联系电话（手机）：13520362980

（办公室）：010-62283622

邮 箱：yanghj@bupt.edu.cn

中国高校实验物理教学研究会

2016年1月

## 作品简介：（字数限 2000 字以内）

物体在周期外力的持续作用下产生的振动为受迫振动，用玻尔共振仪研究受迫振动是大学物理实验中一个应用比较广泛的基础物理实验。利用同济大学研制的玻尔共振仪，能够测量驱动力的周期、摆轮的振幅和相位差，研究自由振荡、阻尼振荡和受迫振动等物理特性。

10年前，我们就通过给摆轮增加重物的方式，将玻尔共振仪改造成为非线性扭摆，并从实验和数值仿真上获得了扭摆的混沌运动状态。但是，由于必须即时测量摆轮的角度，仪器原有的测量装置不能满足要求，因此，我们改进了摆轮角度的测量装置。2007年，我们用霍尔元件和磁钢来采集数据，但是只能测量摆角较小时的数据。后来用光电鼠标和计算机采集数据，但是数据的稳定性和重复性较差，难以推广使用。2014年，我们用一根丝杠和螺丝作为重物，用摄像头采集图像，并用计算机软件识别摆轮的偏转角度，通过计算得到摆轮运动的时序图和相图，如图1所示。

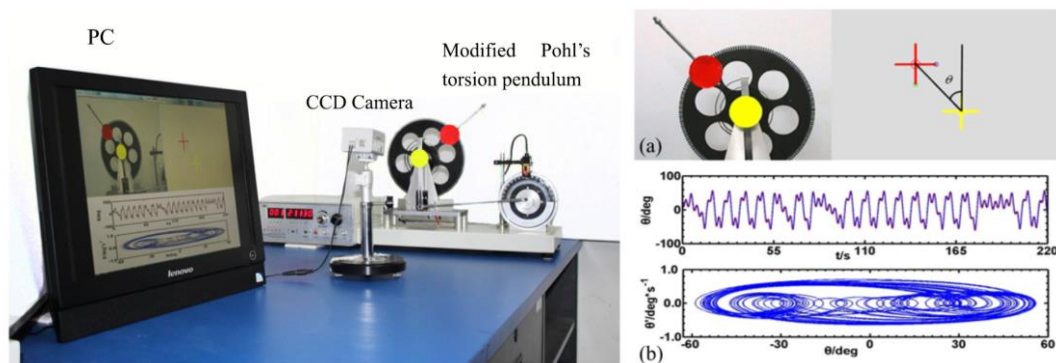


图 1 用摄像头采集非线性扭摆的数据

最近，我们用步进电机及其驱动控制器代替了原有的电机和控制箱，并改用光电编码器来测量摆轮的运动状态，用数据采集卡和自编的 LabVIEW 软件实时采集摆轮的偏转角度，计算摆轮的角速度和系统的相图，大大提高了实验的精度、稳定性和重复性。改进后，可从实验上看到非线性扭摆的倍周期分岔、单吸引子混沌态、双吸引子混沌态、双稳态等现象，可参见录像。

我们觉得，改进后的实验仪能满足近代物理实验等课程的需求，已在小范围内推广应用。带经过一段时间的实际教学验证后，可再进一步推广。

系统满足以下方程，并可通过数值仿真验证以上所有现象。

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} + k\theta = M \cos\omega t + mgr \sin\theta$$

作品照片 (3-5 张)

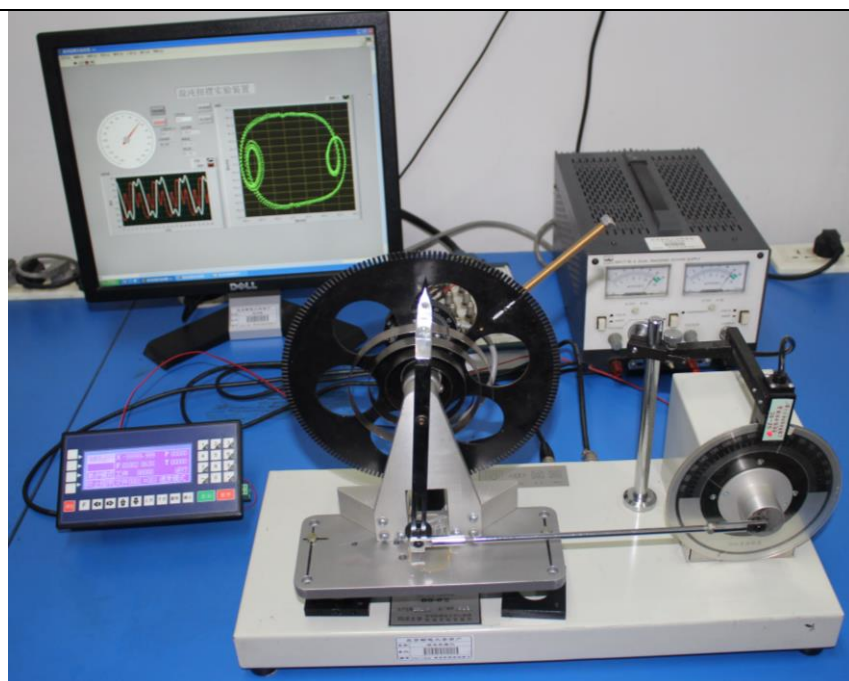


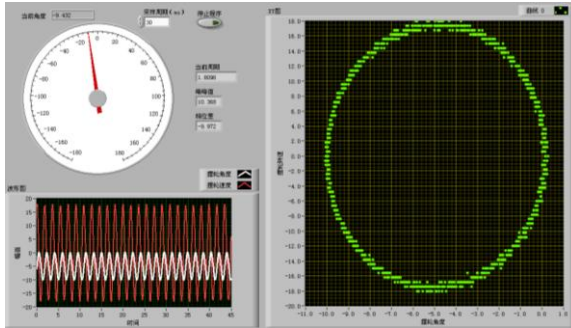
图 2 实验装置图



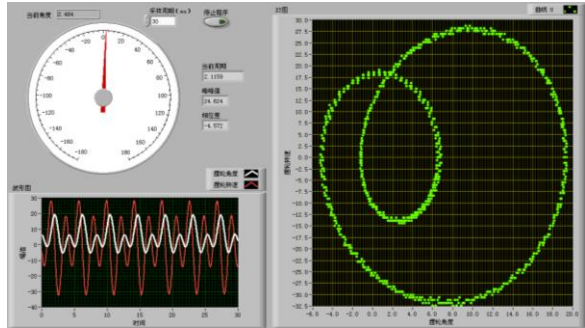
扭摆后视图

# 自编的采集软件截图及不同驱动周期下的时序图、相图等

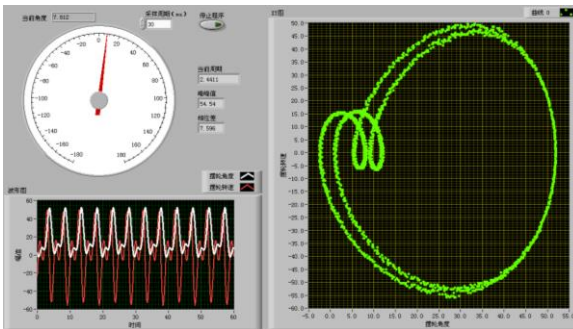
周期一态



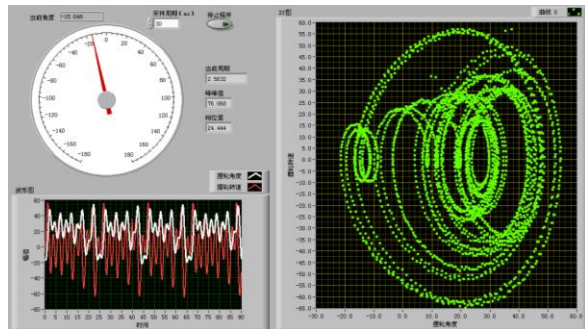
周期二态



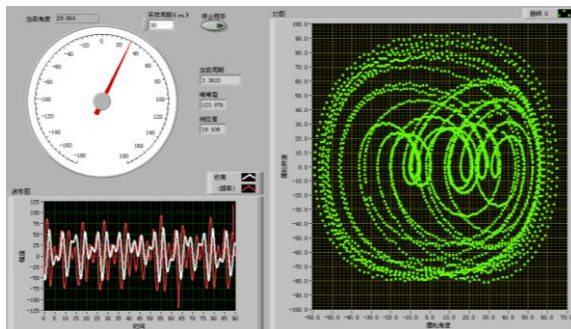
周期四态



单吸引子混沌态



双吸引子混沌态



大周期态

