



北京航空航天大学  
BEIHANG UNIVERSITY

# 自动控制原理实验 A

## (1)

### 实验报告

院系名称: 自动化科学与电气工程学院-自动化系

学 号: 16711094

姓 名: 李翰韬

指导教师: 王 薇

2018 年 12 月 11 日

## 实验四 串联校正设计实验

实验时间：12月11日下午8/9节 实验编号：无 同组同学：无

### 一、实验目的

1. 了解和掌握串联校正的分析和设计方法。
2. 研究串联校正环节对系统稳定性及过渡过程的影响。

### 二、实验过程与结果

#### 1. 串联校正设计

为开环传递函数为  $G_0(s) = \frac{4}{s(s+1)}$  的单位负反馈系统设计串联超前校正环节

和滞后校正环节。

系统结构图如图1所示。

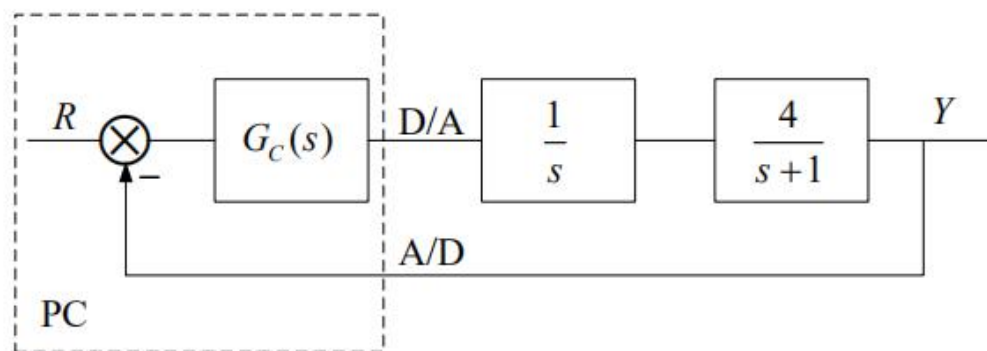


图1 系统结构图

其中  $G_c(s)$  为校正环节，可放置在系统模型中来实现，也可使用模拟电路的方式由模拟机实现。本实验中由Matlab中系统模型实现。

系统模拟电路如图2所示。

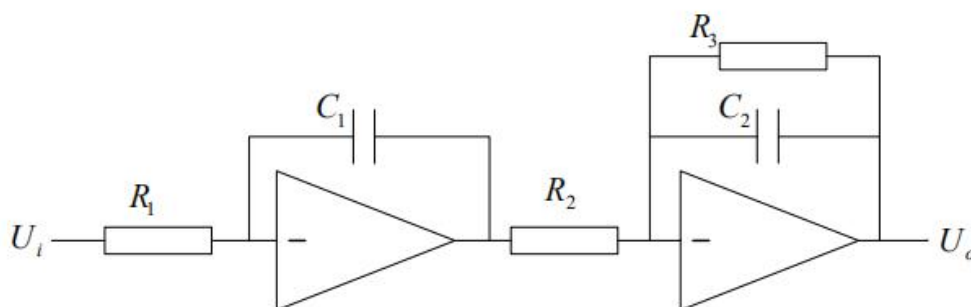


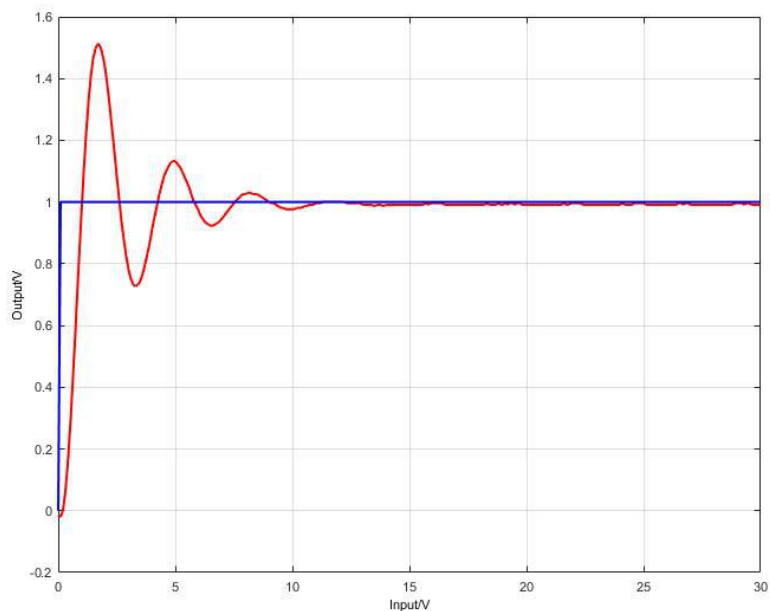
图2 系统模拟电路图

其中取  $R_1 = 1M\Omega, R_2 = 250K\Omega, R_3 = 1M\Omega, C_1 = C_2 = 1\mu F$

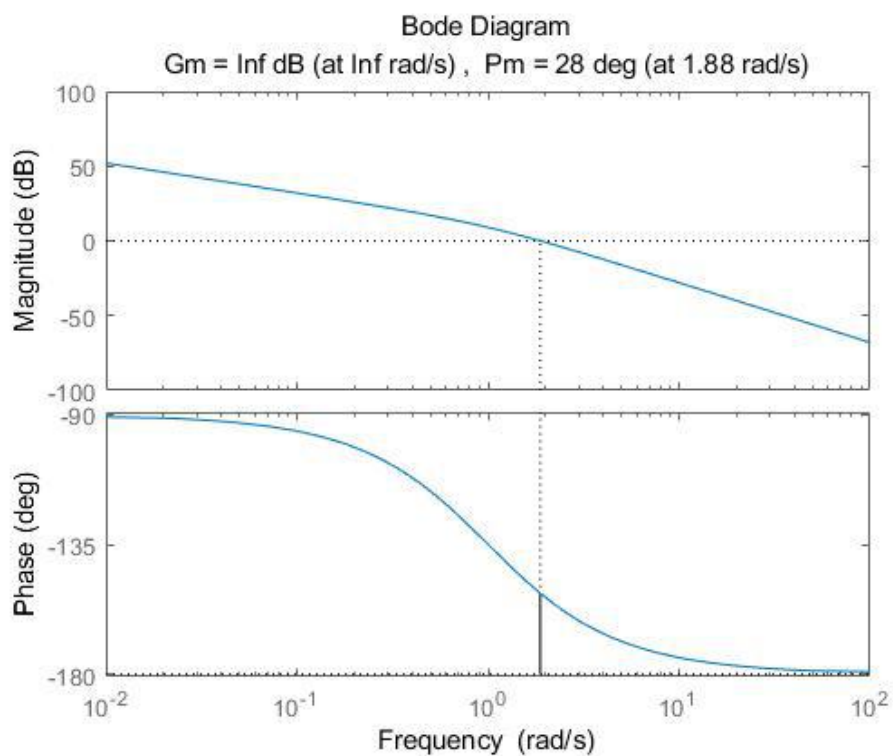
①系统不加矫正

$$G_c(s) = 1$$

此时系统阶跃响应曲线如下：



由阶跃响应曲线可知，此时系统超调量为51.4%，调节时间为7.05s  
此时系统波特图如下：

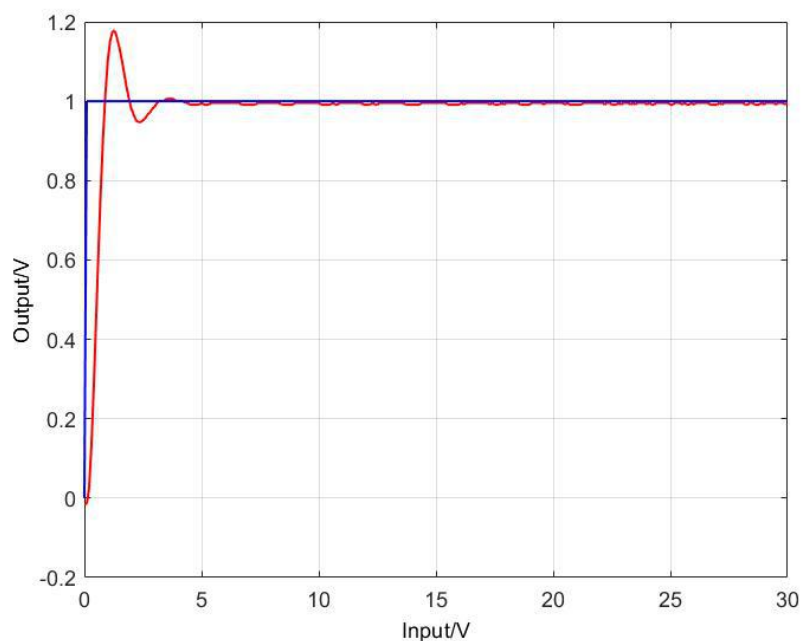


由波特图可知，此时系统截止频率为 1.88rad/s，幅值裕度为无穷大，相位裕度为 28°

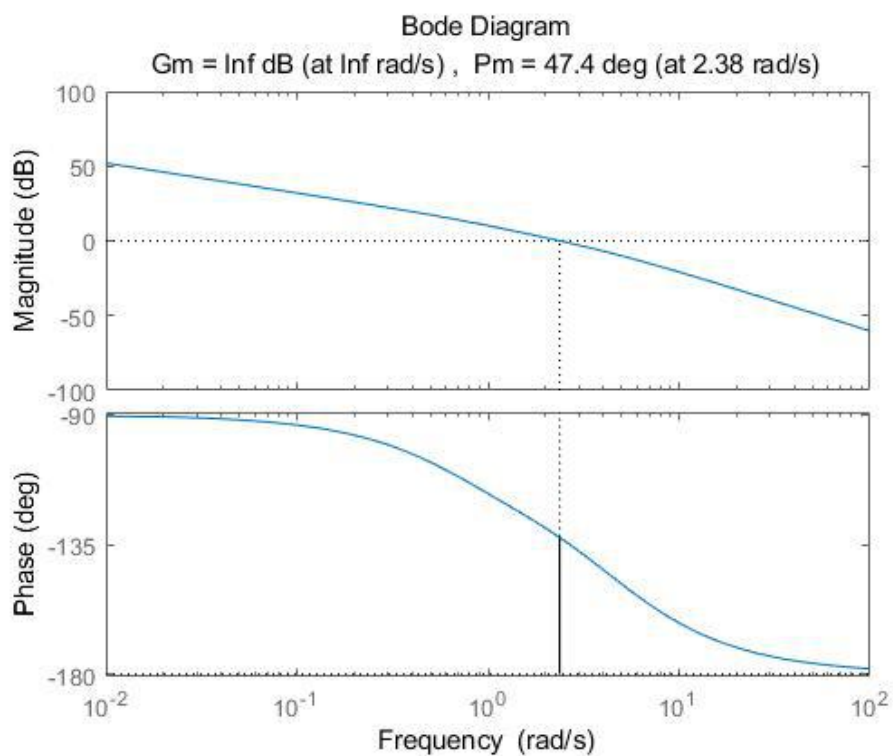
②系统加超前校正

$$G_c(s) = \frac{0.63s + 1}{0.26s + 1}$$

此时系统阶跃响应曲线如下：



由阶跃响应曲线可知，此时系统超调量为17.7%，调节时间为2.45s  
此时系统波特图如下：

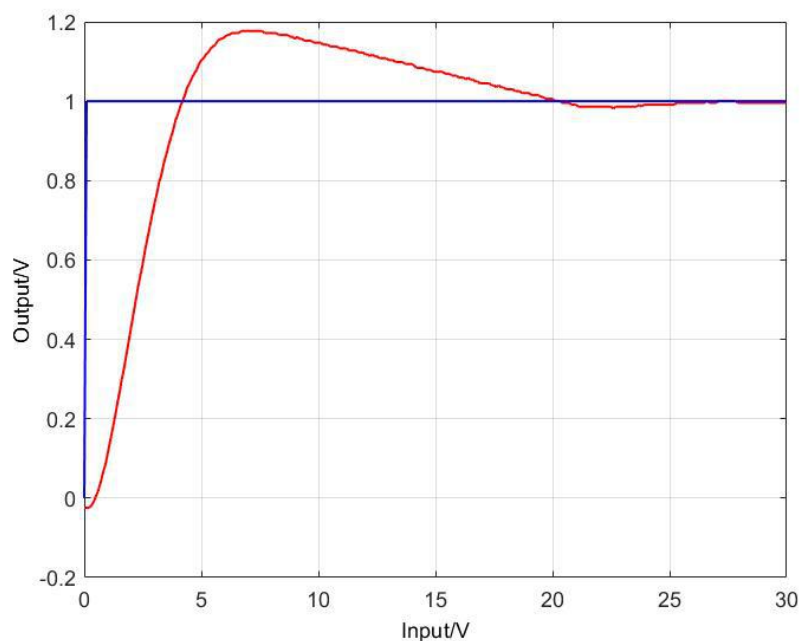


由波特图可知，此时系统截止频率为 2.38rad/s，幅值裕度为无穷大，相位裕度为 47.4°

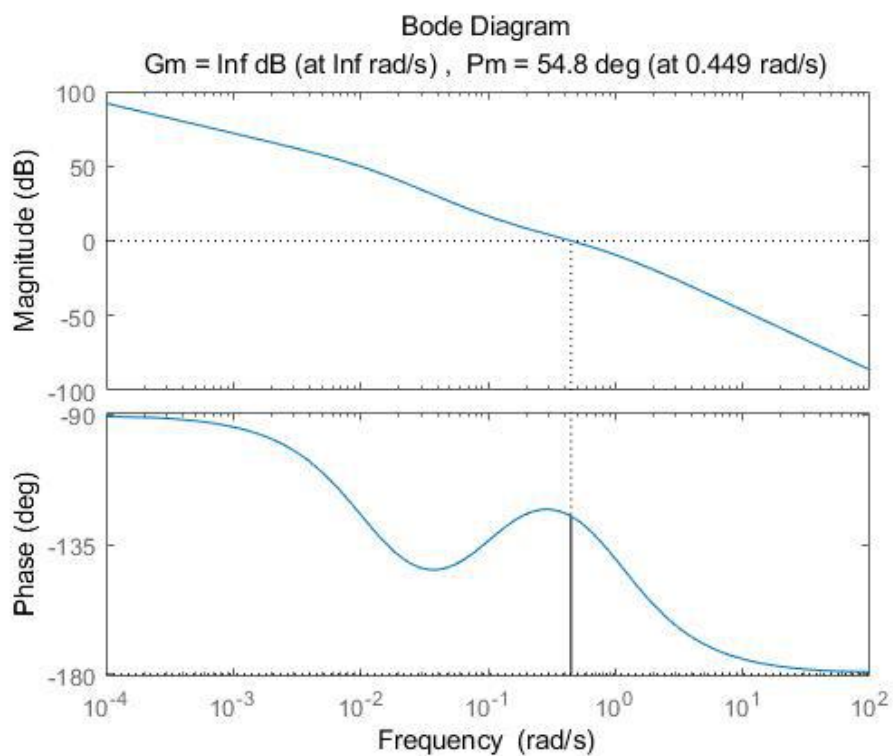
③系统加滞后校正

$$G_c(s) = \frac{10s + 1}{83.33s + 1}$$

此时系统阶跃响应曲线如下：



由阶跃响应曲线可知，此时系统超调量为17.7%，调节时间为16.75s  
此时系统波特图如下：



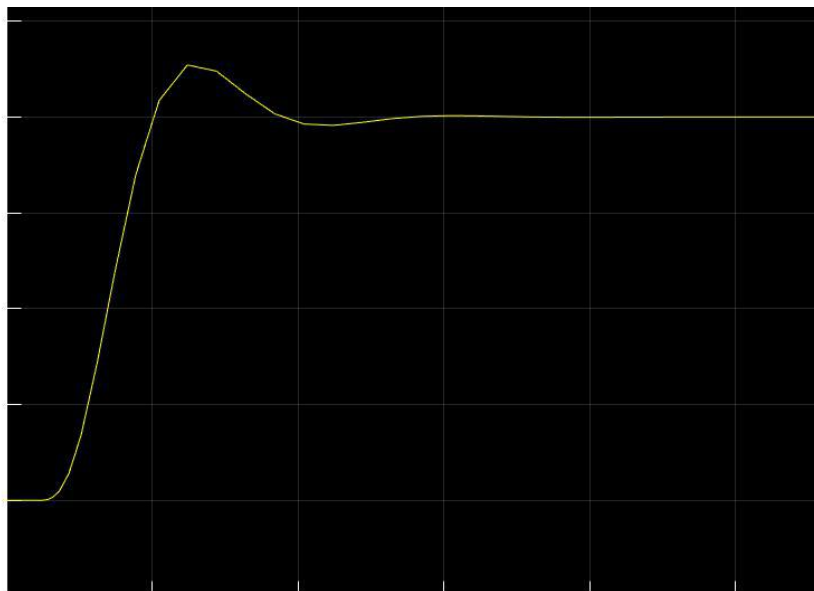
由波特图可知，此时系统截止频率为 0.449rad/s，幅值裕度为无穷大，相位裕度为 54.8°

## 2. 采用实践法整定 PID 参数

系统传递函数为  $G_c(s) = \frac{s+4}{(s+3)(s+2)(s+1)(s+1)(s+1)}$ ，要求设计PID控制器

使得系统的控制性能达到  $\sigma\% \leq 10\%, t_s \leq 8s$ 。

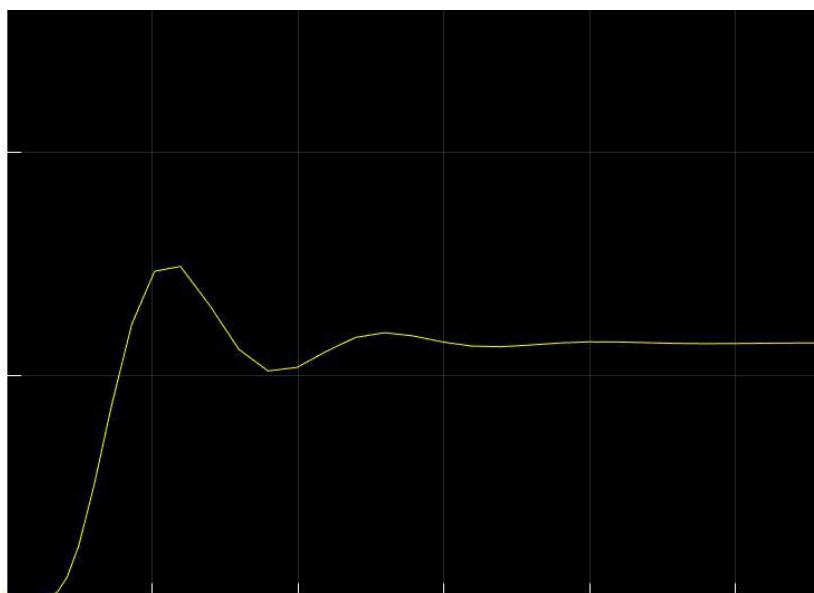
①未加控制时，响应曲线如下：



Time offset: 0

此时超调量为 13.5%，调节时间为 13.21s

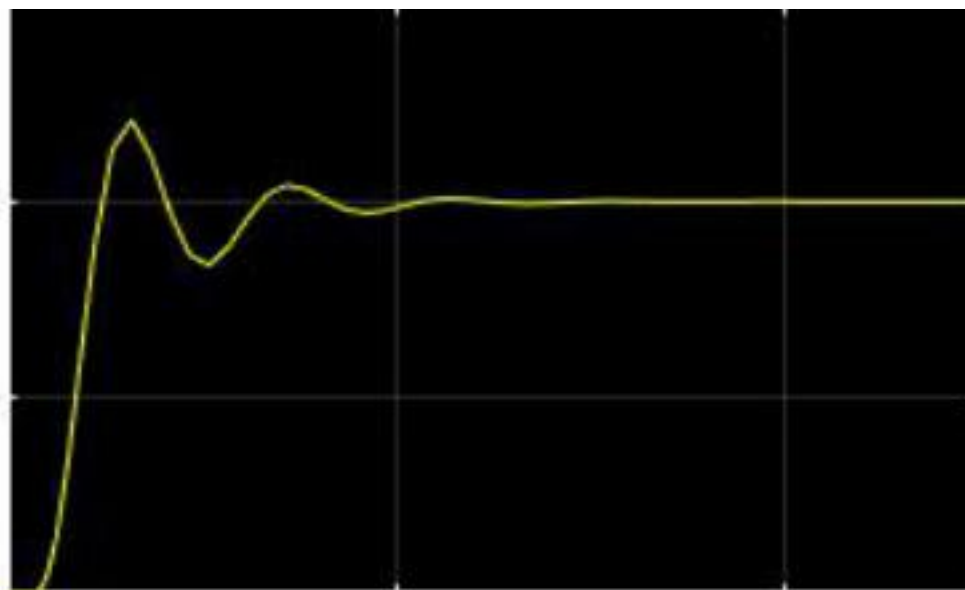
②加入比例控制后，响应曲线如下：



Time offset: 0

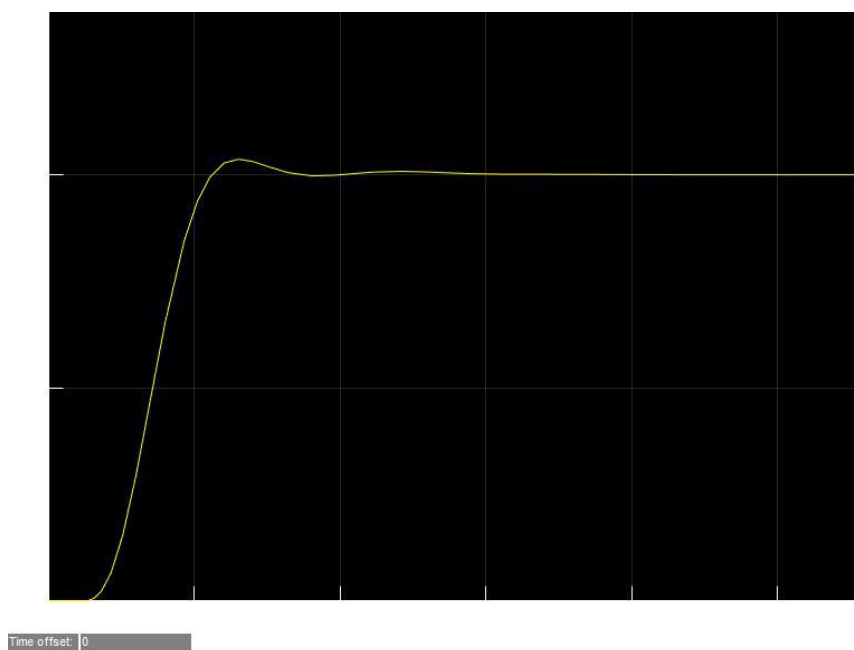
此时超调量为 30.0%，调节时间为 12.97s

③加入PI控制后，响应曲线如下：



此时超调量为 20.6%，调节时间为 12.41s

②加入PID控制后，响应曲线如下：



此时超调量为 3.7%，调节时间为 5.21s

由此可知，PID 控制环节可满足要求。其中 PID 参数分别为 2、0.3、0.8

### 三、结果分析

对系统加串联超前校正时，将增大前向通道模型的相位，使其超前于受控对象的相位。相位超前使系统的开环增益提高，在正相移的作用下，截止频率附近的相位明显上移。所以使得系统具有较大的稳定裕度，改善了原有系统的稳定性。与此同时，使系统可以获得足够的快速性，校正后的闭环系统的阶跃响应速度加快，且超调量减小。由此可知，超前校正既能改善系统的稳定性，还能减小系统的调节时间。

对系统加串联滞后校正时，由于滞后校正负斜率的作用，显著减小了系统原有的频宽。由于这个原因，系统的调节时间会受到一定的限制，系统以牺牲快速响应的能力换取稳定性。从相频曲线可以得知，系统的裕度稳定没有受到很大影响的原因是校正带来的负相移集中在系统的低频段。滞后响应利用了网络的高频衰减特性，减小系统的截止频率，从而使稳定裕度增大，保证了稳定性和震荡性的改善。

### 四、收获、体会及建议

#### 1. 课后思考题：

①. 上文中已回答

②. 频率法确定滞后超前校正参数的步骤如下： 1、根据稳态性能指标，绘制未校正系统的伯德图； 2、选择校正后的截止频率 $\omega_c$ ； 3、确定校正参数； 4、确定滞后部分的参数 $2T$ ； 5、确定超前部分的参数 $1T$ ； 6、将滞后部分和超前部分的传递函数组合在一起，即得滞后-超前校正的传递函数； 7、绘制校正后的伯德图，检验性能指标。

③. 实践整定法：先用经验公式法初定 PID 参数，然后边微调各参数边观察控制系统响应变化，直到得到理想的控制性能。

**Ziegler-Nichols 法：**Ziegler-Nichols 经验整定是基于受控对象是带有延迟的一阶惯性模型提出的。如果控制对象中既不包含积分器，又不包含主导共轭复数极点，此时曲线如一条S形，通过实验建模也可近似为一阶惯性带延迟的系统模型。

**衰减振荡法：**使积分环节和微分环节不工作，调整比例增益  $K_p$ ，从 1 开始，逐渐增大直到衰减振荡响应的衰减比为 4: 1，记录此时的比例系数  $K_1$ ，振荡周期 $T_k$ 。

#### 2、体会

第一个实验中，可以看出与测量值与理论值基本吻合，说明在误差范围内实验正确。同时可以看出，实际测量值与理论值仍旧存在一定误差，原因可能有以下几点：

I、试验箱中电阻、电容取值不精确，滑动变阻器存在滑丝、偏移等现象，在实验过程中造成阻值浮动，数据不准确，形成误差。

II、运算放大器的理论放大倍数和实际放大倍数有差别。

III、导线接触不良，存在误差。

IV、在利用Matlab读数fig文件时，分度值较大，无法读出精确数值。

第二个实验中，我们用实践整定法设计了PID参数，这是一次将书本内容化为实践的宝贵经验。