

座位号

杭州电子科技大学

实验报告

指导教师 夏宇栋

开课学院 自动化学院（人工智能学院）

学生姓名 肖贵晟 同组成员 葛冠男

学生学号 18061327

学生班级 180610111

学生专业 电气工程及其自动化

实验日期 2021/4/26

实验名称	实验三 单水箱液位 PID 控制实验		
实验时间	2021 年 月 日 周 - 节		
实验成绩	预习成绩	30%	
	操作成绩	50%	
	报告成绩	20%	
	总 评		
评改教师			评改日期

一、预习说明：

请在实验开始前完成预习报告并提交，如未完成预习报告，不可参加实验课程。

1 实验目的

- 1) 了解水泵控制及液位测量原理；
- 2) 了解单水箱一阶液位控制系统的工作原理；
- 3) 掌握 PID 控制算法编程及其控制参数的调整方法；
- 4) 学习三容水箱计算机控制实验台控制软件的使用方法。

2 实验原理

水泵 1 和电动球阀 1 是控制水箱液位的主要控制器。水泵 1 控制进水口的流量，作为入水口的控制，通过电压的改变控制其出水流量；电动球阀 1 作为放水口控制出水口的流量；电磁阀 1 作为进水的总控制，在整个实验期间全开。在本实验中，设置电动球阀 1 开度不变，通过改变水泵 1 的电压实现液位控制。

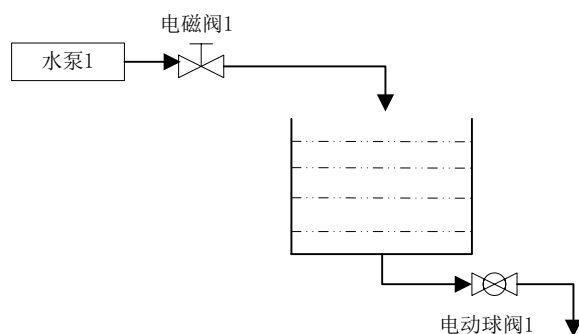


图 1 单水箱一阶液位控制结构图

3 分析思考题

1、 请简述数字 PID 算法的控制原理。

PID 控制表示比例 (Proportional), 积分 (Integral), 微分(Differential) 控制。

比例控制 P 成比例地反映控制系统的偏差信号, 偏差一旦产生, 控制器立即产生控制作用, 以减少偏差。

积分控制 I 主要用于消除静差, 提高系统的无差度。积分作用的强弱取决积分时常数, 越大, 积分作用越弱, 反之则越强。

微分控制 D 能反映偏差信号的变化趋势 (变化速率), 并能在偏差信号值变得太大之前, 引入一个有效的早期修正量, 从而加快系统的响应, 减少调节时间。

2、 请简要分析逐步增大比例参数 K_p 时, 对液面达到稳定时的影响和作用。

比例控制 P 成比例地反映控制系统的偏差信号, 偏差一旦产生, 控制器立即产生控制作用, 以减少偏差。当 K_p 逐步增加时, 会使得系统响应速度加快, 但也会使超调量增大, 系统稳定性下降。

3、 请简要分析在确定 K_p 时, 增大积分参数 K_i , 对静态误差的影响。

在确定 K_p 时, 增大积分参数 K_i , 能有效减少静态误差。但是参数 K_i 过大, 会带来过大的振荡现象。

4、 请简要分析在确定 K_p 、 K_i 的基础上, 增大 K_d , 对液位参数控制的影响。

在确定 K_p 、 K_i 的基础上, 增大 K_d , 会导致液位参数控制的响应速度提高, 减少超调量, 让水位的误差减少。

二、实验部分说明：

请在开始实验前，阅读实验指导书，明确实验内容，记录实验过程和原始数据。

4、实验内容

- 1) 掌握 PID 控制算法各控制分量的作用；
- 2) 掌握数字 PID 算法控制原理；
- 3) 学会对模拟 PID 控制器推导其离散化控制算法；
- 4) 利用三容水箱计算机控制实验台自带控制软件，完成单水箱一阶液位 PID 控制参数的调整，达到控制最优效果；
- 5) 观察实验数据，并完成实验报告。

5 注意事项

- 1) 实验前将水箱中的水清空。
- 2) 若实验时发现水箱液位不准请用实验一的方法先对液位进行标定。
- 3) 若要修改 PID 参数，需要新建实验后修改。
- 4) 球阀的开度不要太小，否则会导致流量控制的过程中，水箱中的水位过高。但也不要超过 40%，否则容易出现震荡。
- 5) 在查询数据时先单击暂停按钮再去查询，查询完成后再单击停止按钮。
- 6) 实验配置完 PID 参数后点击开始实验后，实验未停止之前不应调整 PID 参数的设置，应在每次实验结束后，当再次开始实验时，修改 PID 参数。
- 7) 实验数据需要多次测量以减小误差。

6、实验内容与步骤(根据实验要求简述实验内容及步骤)

通过整理实验数据,找出静差为 0 和超调量在合理范围内的 K_i 的值,在此过程中可以通

过响应曲线的好坏反复改变比例系数和积分系数，以期得到满意的控制过程与整定参数。

3) 在 PI 调节效果不佳时可以增加Kd微分作用的调节，记录不同微分参数Kd下的系统静差、超调量、调节时间并填入表 3。

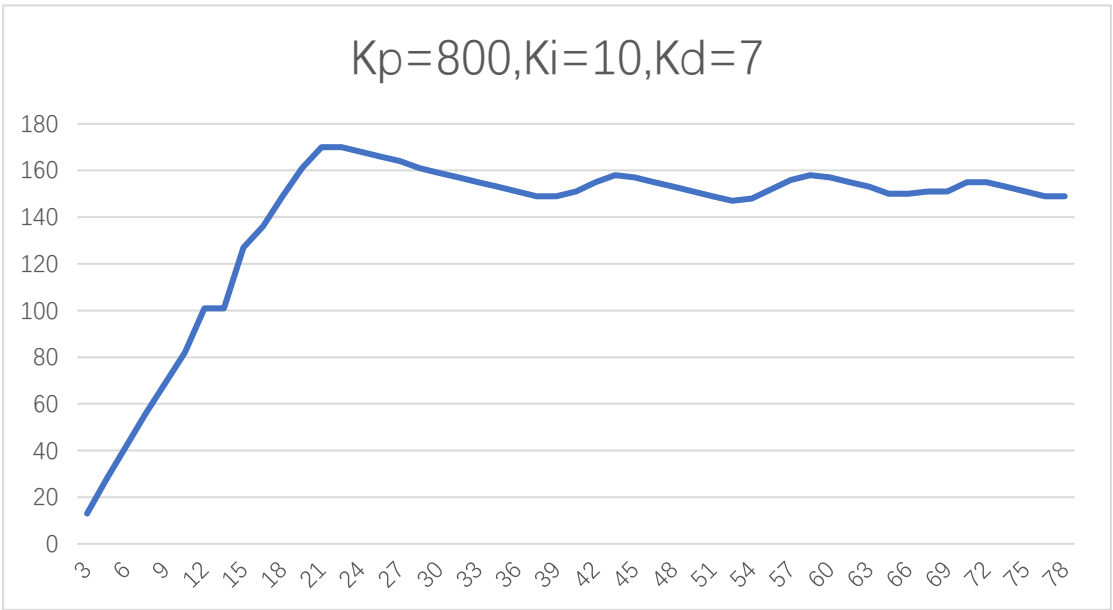
表 3 实验数据记录

Kd	0	2	3	4	5	6	7	8
ess	1.7	7.5	1.9	2.2	2.8	2.3	1.4	2.7
δp	0.2	0.39	0.21	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
t	30	>81s	30	28.5	28.5	30	30	28.5

4) 将最后实验确定的 PID 控制参数重新设置到上位机验证结果并观察实验现象记录数据到表 5 中，分析其系统静差、超调量、调节时间。

表 5 Kp = 800 Ki = 10 Kd = 7 性能指标

ess	δp	t
1.4	20%	30s



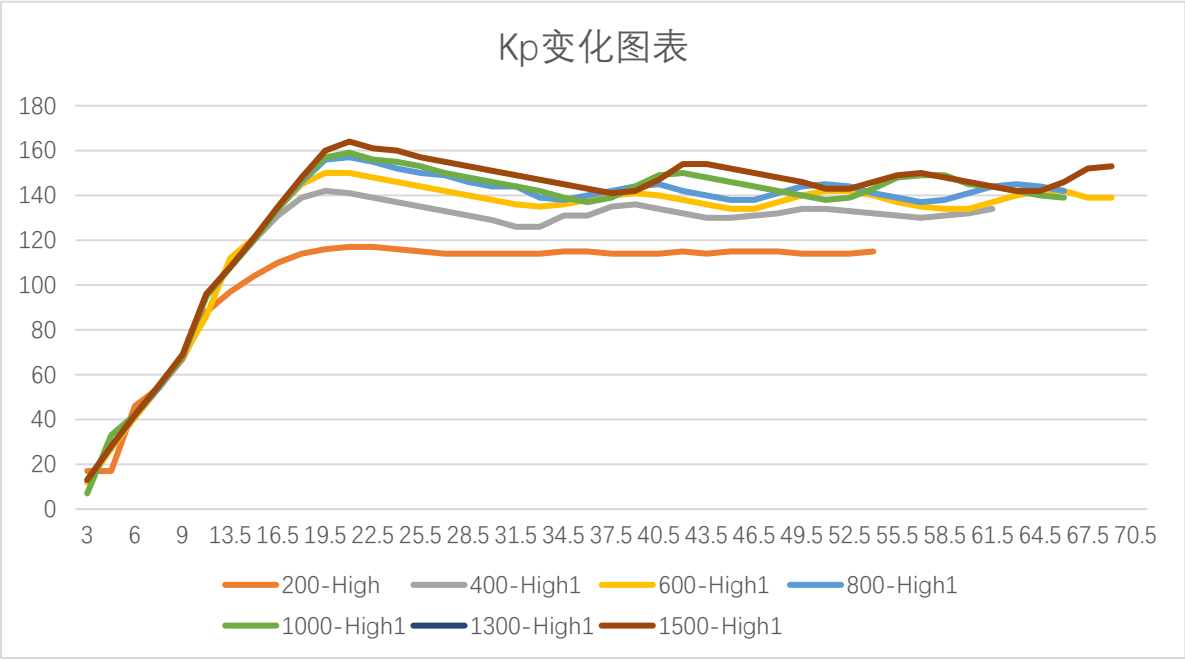
三、完成实验后：

8、实验结果讨论与误差分析(对比实验所得出的结果，与理论值进行比较，分析影响实验结果的因素，并总结)

1) 通过实验结果和数据处理，分析 P 控制、PI 控制、PID 控制对稳态误差控制的影响。

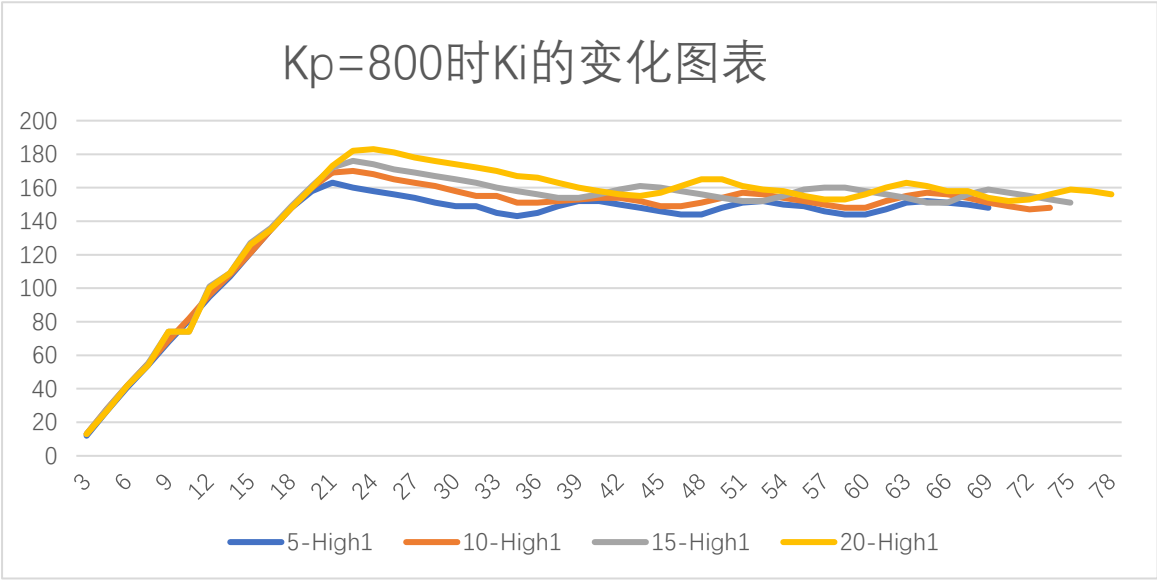
从数据上得知，当 K_p 过小时，由于比例系数不够而导致液位的稳定值远低于设定值 150mm。例如 K_p 为 200 时，稳定值仅能到达 115mm。该情况下随着 K_p 的上升，稳定值逐步逼近 150mm。当 K_p 在 800 以上时，响应曲线开始出现振荡，且随着 K_p 的增加振荡逐渐变强。（由于其中一部分实验的稳定值远低于 $150 \pm 5\%$ 的范围，所以将该部分的稳定时间认为是无限大，即标记为 $>70s$ ）

K_p	200	400	600	800	1000	1300	1500
ess	-35	-18	-11	-9	-7	-4	-4
超调量	-0.33	-0.08	0	0.07	0.09	0.13	0.14
t	$>70s$	$>70s$	$>70s$	$>70s$	$>70s$	22.5	24



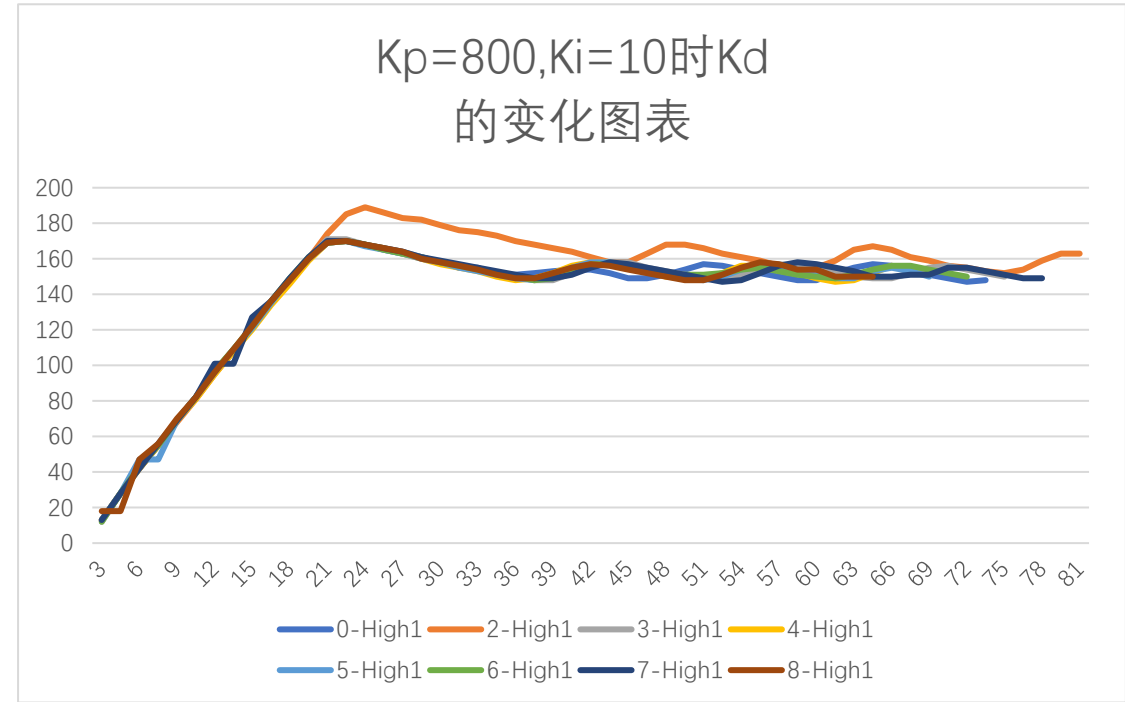
当我们选定 K_p 为 800 时候，对 K_i 进行调整。理论上来说这部分数据应该是随着 K_i 的增加而倒是稳态误差降低的。但是实际操作中出现了随着 K_p 增加反而稳态误差进一步加大的情况出现。个人推测原因是由于实验时间不长，而导致该响应仍在振荡时就结束了实验，且分析实验数据时采用了平均数法来求稳定值有关。即便如此，我们也能从中看出随着 K_i 的增加，超调量也有一定的增加，且稳定时间明显变长。

K_i	5	10	15	20
ess	-1.8	1.7	4.3	6
超调量	0.13	0.2	0.26	0.33
t	22.5	30	33	66



当取 $K_p=800$, $K_i=10$ 时, 我们仅对 K_d 进行微调。我们能发现随着 K_d 的增加, 稳态误差的值不断增加, 但总的来说响应时间有着小幅度下降。

K_d	0	2	3	4	5	6	7	8
ess	1.7	7.5	1.9	2.2	2.8	2.3	1.4	2.7
超调量	0.2	0.39	0.21	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
t	30	>81s	30	28.5	28.5	30	30	28.5



2) 分析比较各种方法的数据处理结果。

由于本次实验大多数数据的实验时间都不足以到达完全稳定装填。因此在梳理稳定值时采用了平均值的方法, 该方法由于各自振荡的影响, 可能导致我们认定的稳定值和最后的实际稳定值有较大差异, 对实验结果有一定影响。

9、实验心得

本次实验我们尝试了单水箱 PID 参数的整定。我们从模拟实验入手, 在模拟平台上了解了不同 PID 参数下的各种响应曲线的趋势, 为我们完成实验打下了基础。在实际实验中, 我们不仅发现了模拟和实际实验中的巨大差异, 也更加清楚的认知到采样频率和干扰在实际工程应用中的重要影响。让我们对实际系统有着更深的了解。