

实验三：双容水箱液位串级控制实验

实验目的

- 1、学习串级控制系统的工程整定方法。
- 2、了解主、副调节器参数对控制过程动态品质指标的影响规律。
- 3、研究阶跃扰动分别作用在副对象和主对象时对系统主被控变量的影响。

实验原理

液位串级控制系统是由主、副两个回路组成的一个双回路系统，每一个回路都有一个属于自己的调节器和控制对象。主调节器控制对象是第三水柱TANK3液位高度，是系统的被控对象，也是主变量；副回路控制对象为第一水柱TANK1液位高度，是副变量。副调节器主要克服落在副回路的扰动，迅速将其抵消，减小其对主被控量的影响；主调节器主要克服副回路以外的扰动，确保被控量为给定值。

由于副回路的存在，与单回路系统相比，提高了工作频率，加快了过渡过程。控制系统方框图如下图3-1所示。

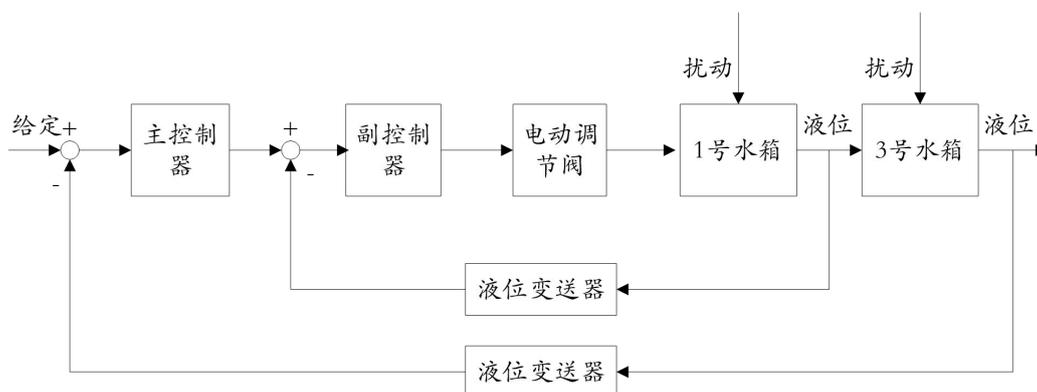


图3-1 控制系统方框图

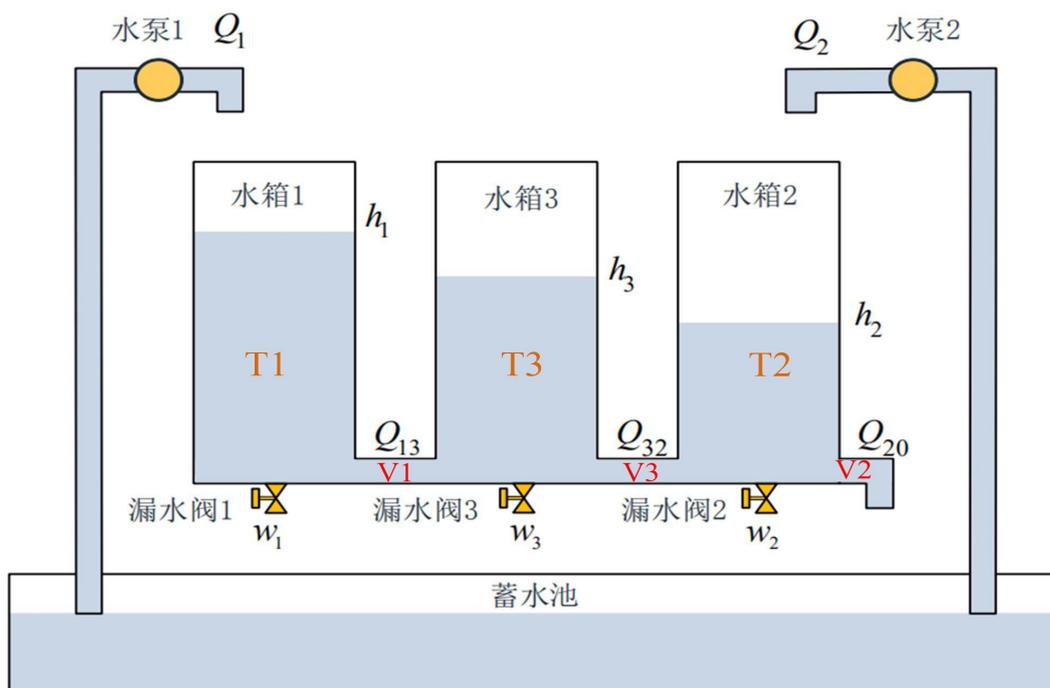


图3-2 三容水箱结构示意图

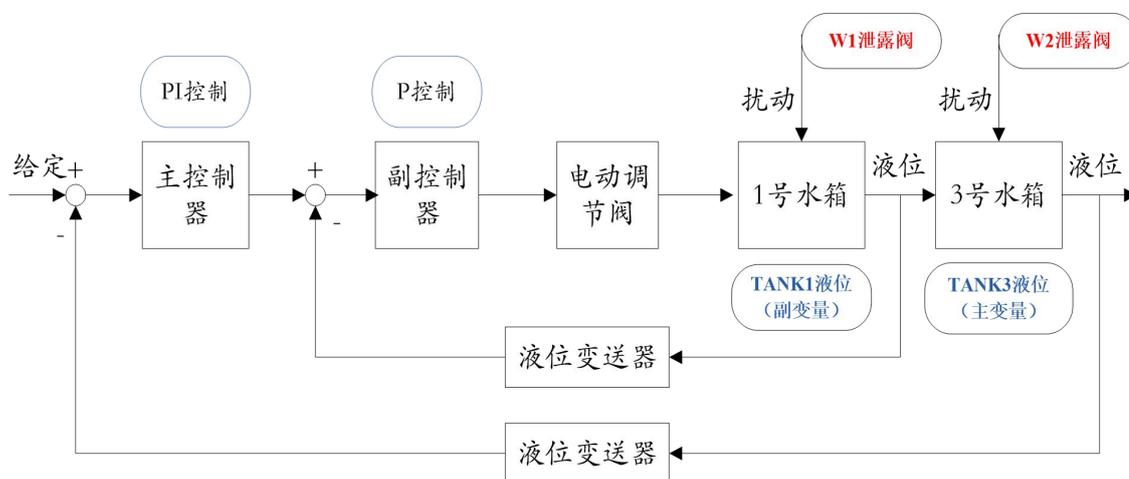


图3-3 被控量及扰动信号图示

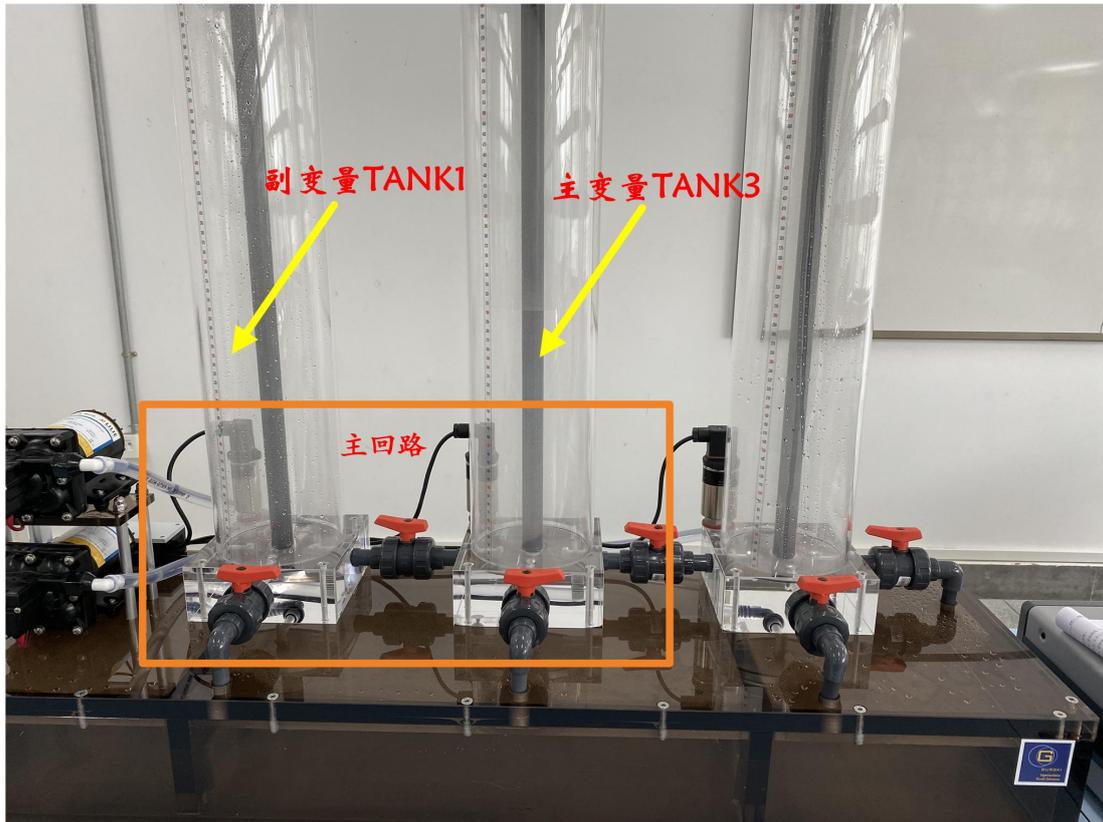


图3-4 设备实物图

串级控制系统的特点：

- (1) 改善了过程的动态特性；
- (2) 能及时克服进入副回路的各种二次扰动，提高了系统抗扰动能力；
- (3) 提高了系统的鲁棒性；
- (4) 具有一定的自适应能力。

串级控制常用的整定方法有逐步逼近法、两步整定法、一步整定法。

1、逐步逼近法

先断开主环，按单回路控制系统整定副控制器，将结果应用于副控制器。将副回路当做主回路一个环节，再整定主控制器，然后循环进行且逐步逼近主、副控制器的最佳值。

2、两步整定法

先整定副控制器，主副控制器均纯比例作用，主控制器比例度100%，4:1衰减曲线法整定副回路得 δ_{2s} 和 T_{2s} ；应用副控制器整定结果，将副回路当做主回路一个环节，再整定主控制器，得到主控制器满足4:1衰减过程的 δ_{1s} 和 T_{1s} 。最后按经验公式计算出主、副控制器的整定参数并微调。

3、一步整定法

根据经验先确定副控制器比例度（参考值取 $P=5$ ），然后按单回路控制系统整定方法整定主控制器参数。

表1 副控制器比例度取值范围

副变量	放大系数
温 度	5~1.7
压 力	3~1.4
流 量	2.5~1.25
液 位	5~1.25

实验内容

- 1、以第三水柱液位作主参数、第一水柱液位作副参数，组成二阶串级控制系统。
- 2、任选一种工程整定方法（一步整定法、两步整定法、逐步逼近法）整定被控对象。
- 3、改变扰动的位置，观察、记录一次扰动、二次扰动对控制过程的影响，实验控制程序如下图所示。

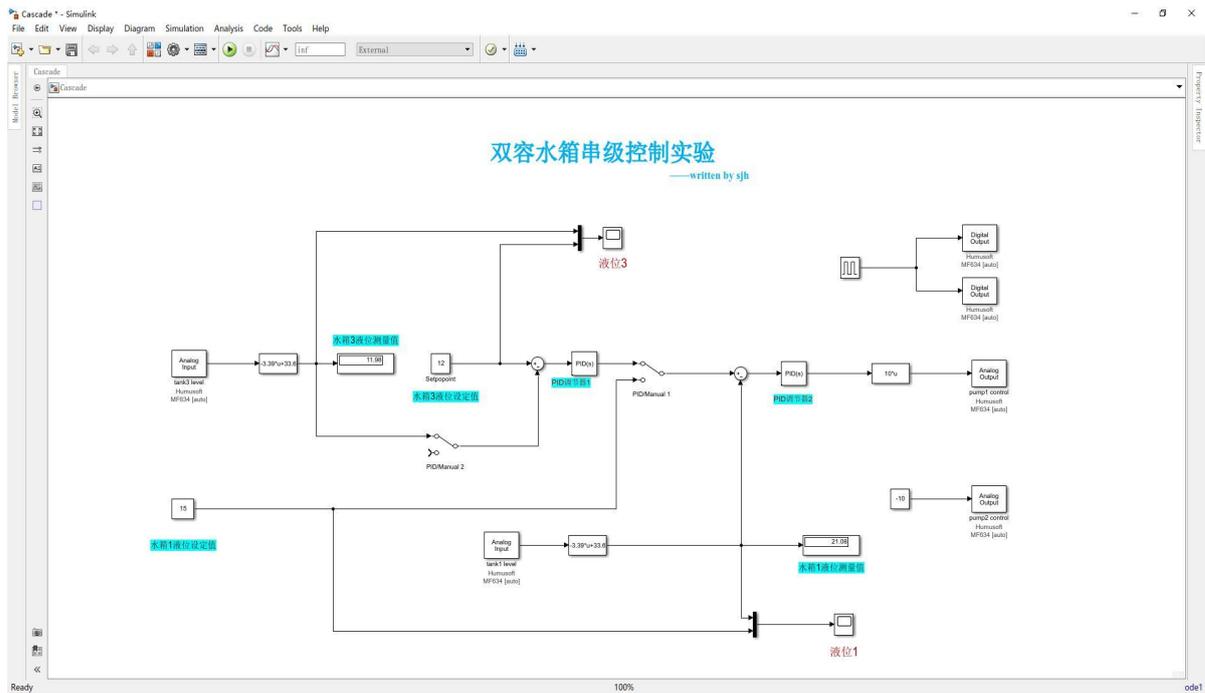


图3-5 串级控制程序

实验步骤

1、一步整定法

- (1) 开连通阀 V1、V3和泄露阀W2，关其它各阀。
- (2) 确定主、副参数（主参数：第3水柱的液位；副参数：第1水柱的液位）。
- (3) 运行MATLAB-simulink，打开桌面“TTS20/Cascade.slx”进入实验界面。
- (4) 副调节器：纯比例、 $P_2=5$ 。
- (5) 整定主调节器：将副回路视作整体的一部分对象，只整定主调节器参数（参考值 $P_1=2.5$ ， $I_1=0.034$ ）。
- (6) 系统稳定后，将主调节器设定值阶跃增 10%（最高设定值不要超过15cm），观察、记录主参数的控制过程曲线3.1。

2、两步整定法

- (1) 开连通阀 V1、V3和泄露阀W2，关其它各阀。
- (2) 确定主、副参数（主参数：第3水柱的液位；副参数：第1水柱的液位）。
- (3) 依然使用上述实验程序。
- (4) 求取副调节器的 δ_{2s} 和 T_{2s} （方法：闭合主、副回路，两个调节器都置于纯比例；置 $K_{P1}=1$ （ $\delta_1=100\%$ ），用衰减曲线法求取副调节器的 δ_{2s} ）。

(5) 求取主调节器的 δ_{1S} 和 T_{1S} (方法: 闭合主、副回路, 两个调节器都置于纯比例; 置 $\delta_2 = \delta_{2S}$, 用衰减曲线法求取主调节器的 δ_{1S} 和 T_{1S})。

(6) 计算调节器参数 (依据以上求得的 δ_{1S} 、 T_{1S} 和 δ_{2S} 、 T_{2S} ; 主、副调节器的选择以及衰减曲线法相关公式, 求取主、副调节器的相关参数) 将计算参数置于调节器。

(7) 通过开关PID/Manu1切换状态, 建立初稳态, 使第 3 水柱的液位稳定在 5~10cm左右)。

(8) 双击开关PID/Manu1将副调节器置串级, 主调节器投自动。

(9) 系统稳定后, 将主调节器设定值阶跃增 10% (最高设定值不要超过15cm), 观察、记录主参数的控制过程 3.2。

3、逐步逼近法

(1) 初整副调节器 (断开主回路, 用衰减曲线法按单回路整定副调节器, 求得 K_{P2})。

(2) 初整主调节器 (闭合主回路, 置副控制器的比例系数为上一步的 K_{P2} , 将副回路视作一部分对象, 用衰减曲线法按单回路整定主调节器, 求得 K_{P1})。

(3) 再整副调节器 (闭合主回路, 置主控制器的比例系数为上一步的 K_{P1} , 将主回路视作一部分对象, 用衰减曲线法按单回路再整定副调节器, 求得 $K_{P2[1]}$)。

(4) 比较 K_{P2} 和 $K_{P2[1]}$ (若二者相差不大, 即可结束; 如若相差较大, 则需依此循环)。

(5) 系统稳定后, 将主调节器设定值阶跃增 10%, 观察、记录主参数的控制过程 3.3。

4、引入扰动, 记录控制过程

(1) 系统稳定状态下为第1水柱加扰动, 开泄露阀W1约10% (保留W1开度不可过大, 否则破坏系统稳定性)。

(2) 记录主参数的控制过程和副参数的控制过程3.4。

(3) 系统稳定状态下为第3水柱加扰动, 关泄露阀W2约10% (保留W2开度不可过小, 否则破坏系统稳定性)。

(4) 记录主参数的控制过程和副参数的控制过程3.5。

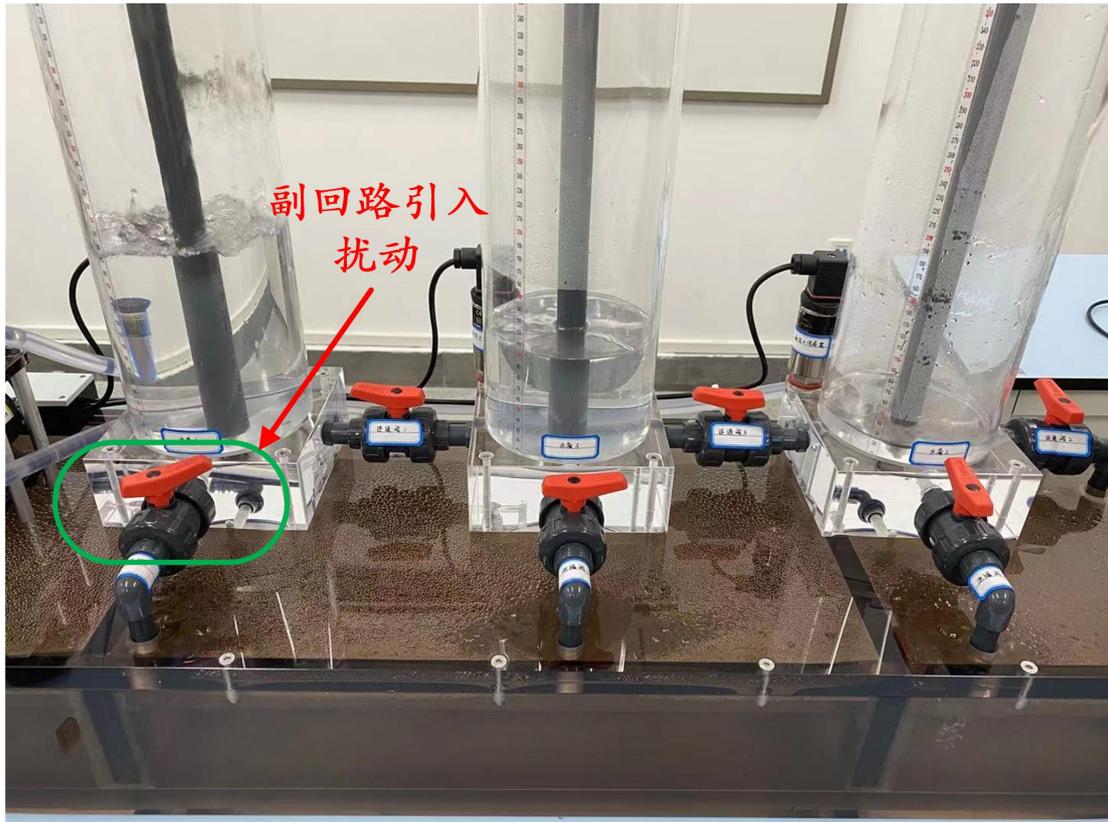


图3-6 稳态为第1水柱加扰动

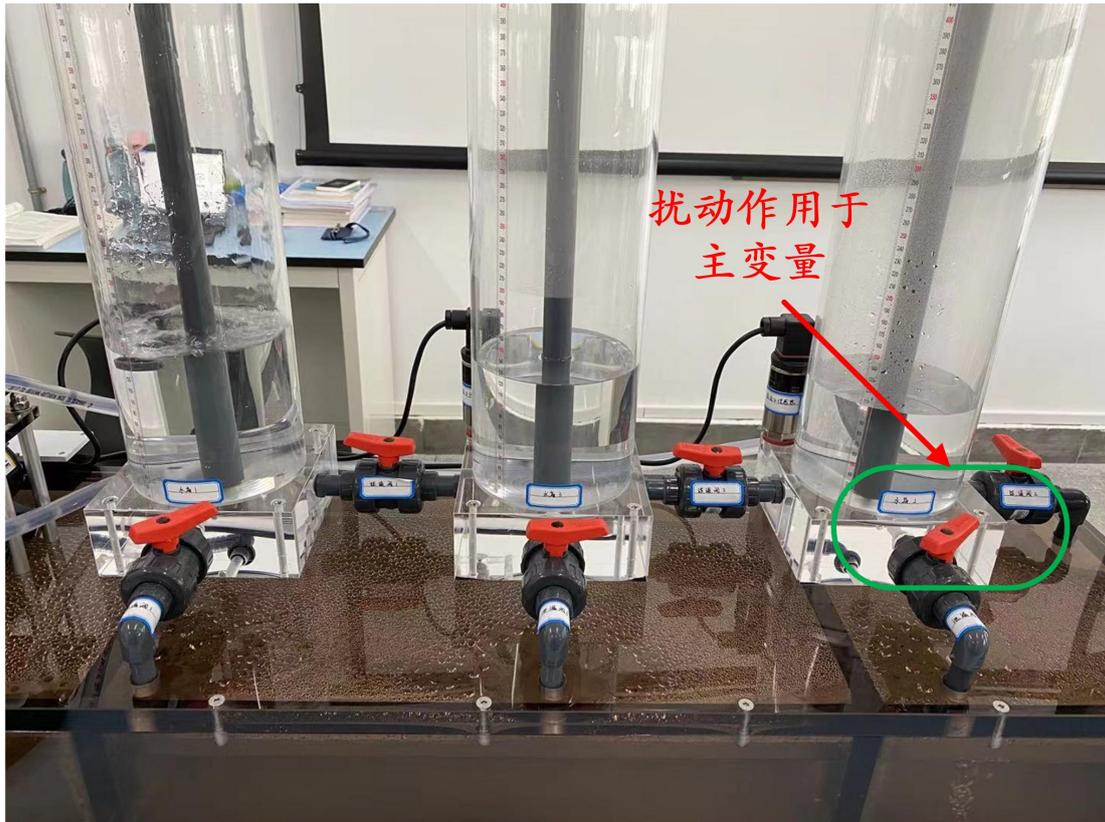


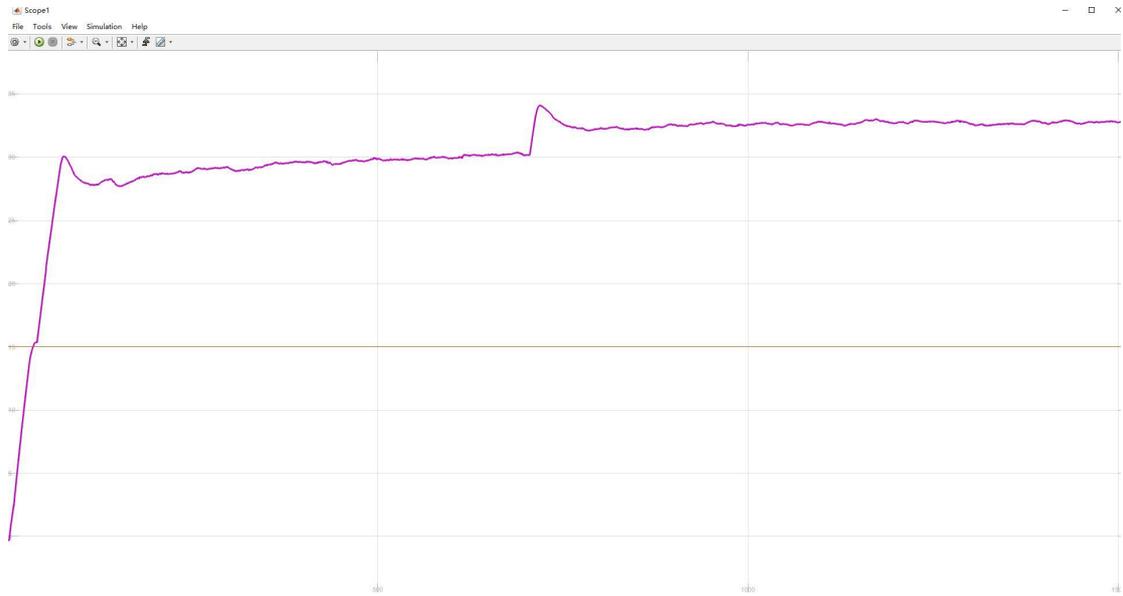
图3-7 稳态为第3水柱加扰动

实验报告内容

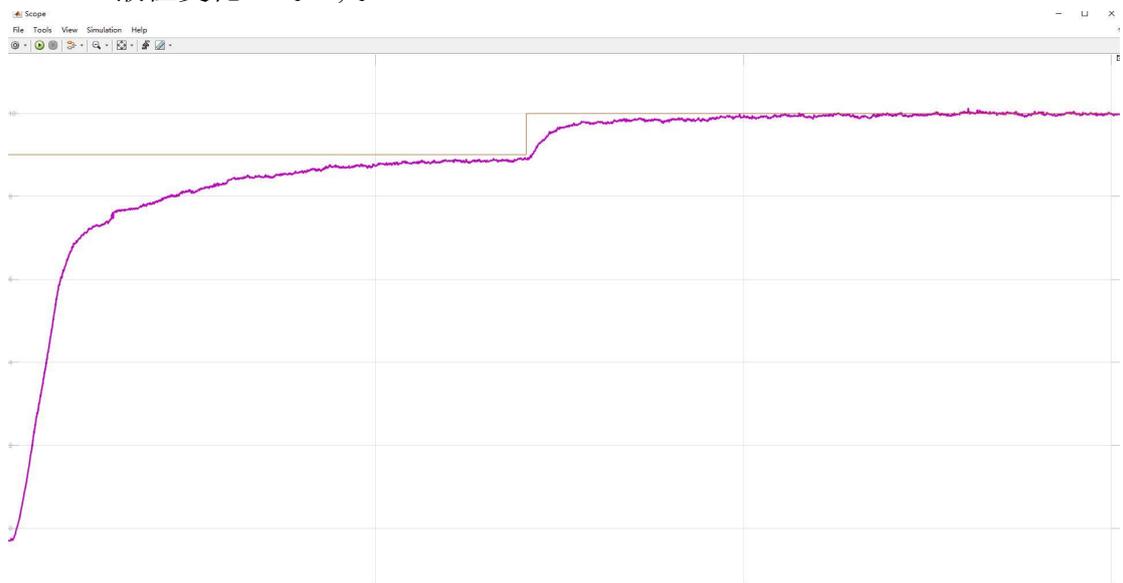
- (1) 比较各种工程整定法使用的方便程度和准确程度。附实验过程曲线3.1或3.2或3.3，简述控制器整定过程及整定结果。
- (2) 给出控制器整定后，1次扰动和2次扰动下，主被控量的变化曲线3.4和3.5。
- (3) 结合理论分析比较单回路控制系统与串级控制系统对设定值扰动的控制过程动态品质有何区别。

附录 串级控制水箱液位变化实验曲线（参考图）

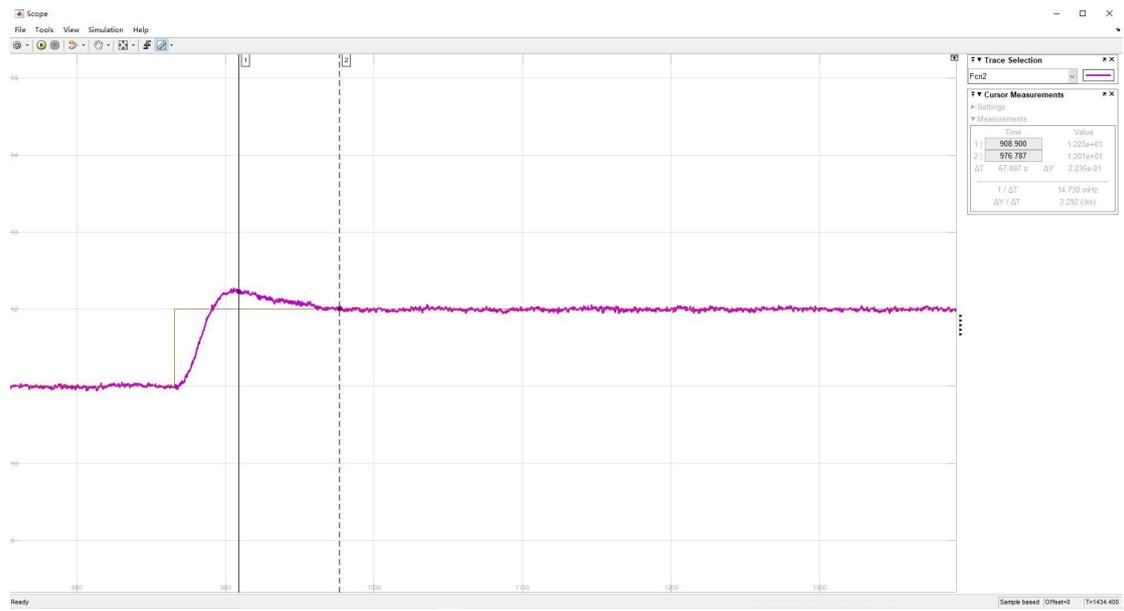
TANK1液位变化 ($P_2=5$)



TANK3液位变化 ($P_1=5; I_1=0.033$)



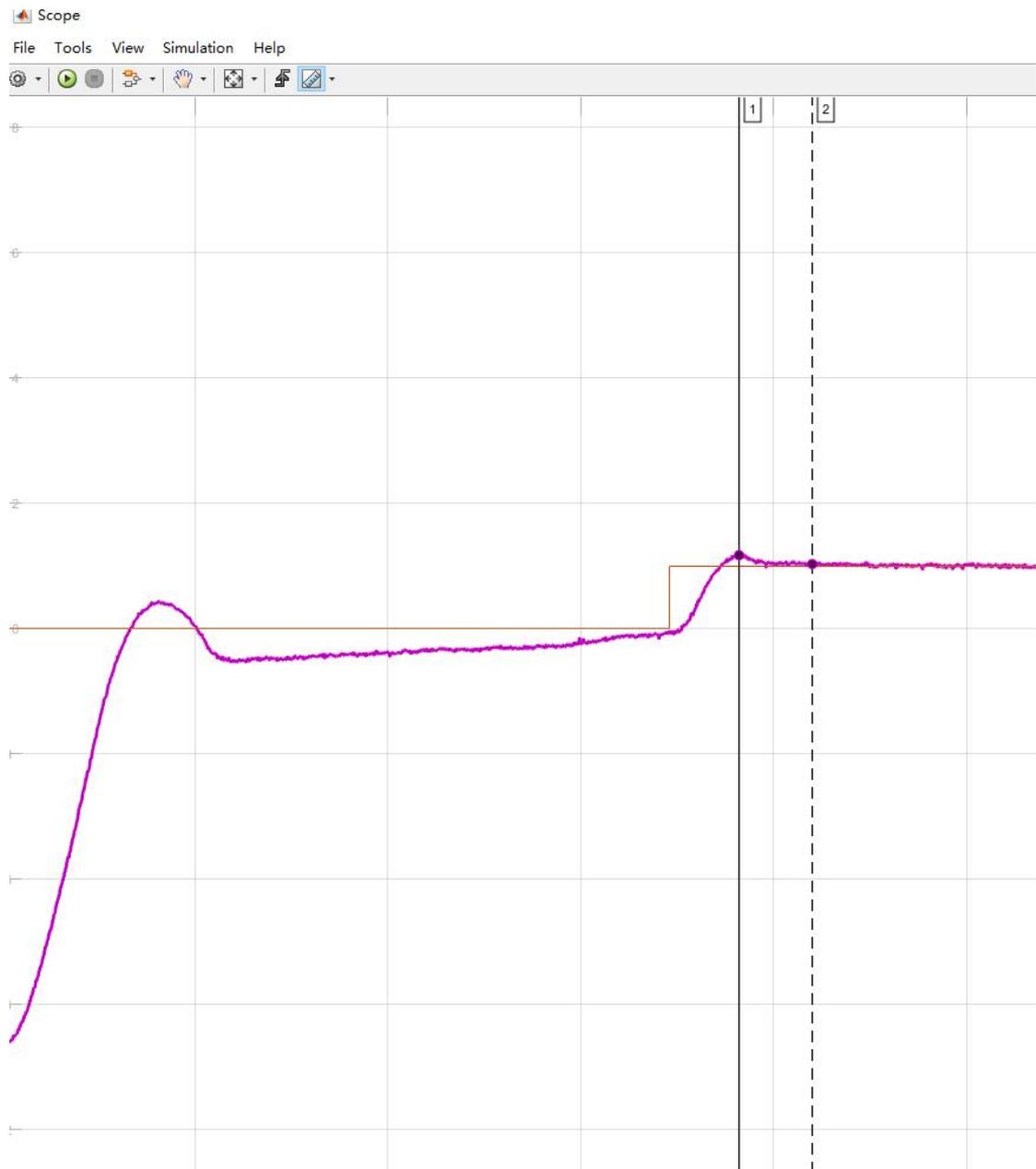
TANK3液位变化($P_1=7;I_1=0.3;P_2=5$)



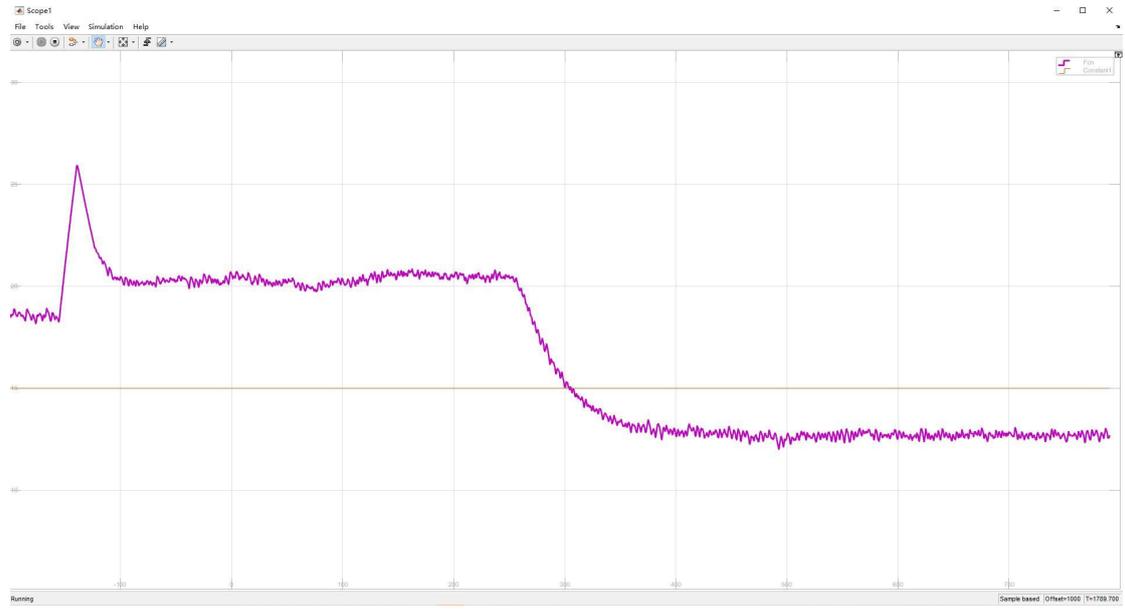
TANK3液位变化($P_1=2.25;I_1=0.34;P_2=8$)



TANK3液位变化($P_1=8;I_1=0.2;P_2=8$)



扰动作用于TANK1和TANK3控制过程曲线——TANK1液位变化 ($P1=7;I1=0.3;P2=5$)



扰动作用于TANK1和TANK3控制过程曲线——TANK3液位变化 ($P1=7;I1=0.3;P2=5$)

