



哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, SHENZHEN

过程控制系统 实验报告

专业： 自动化

实验名称： 双容水箱液位串级实验

实验日期： 2023年5月13日

实验与创新实践教育中心

Education Center of Experiments and Innovations

一、 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。

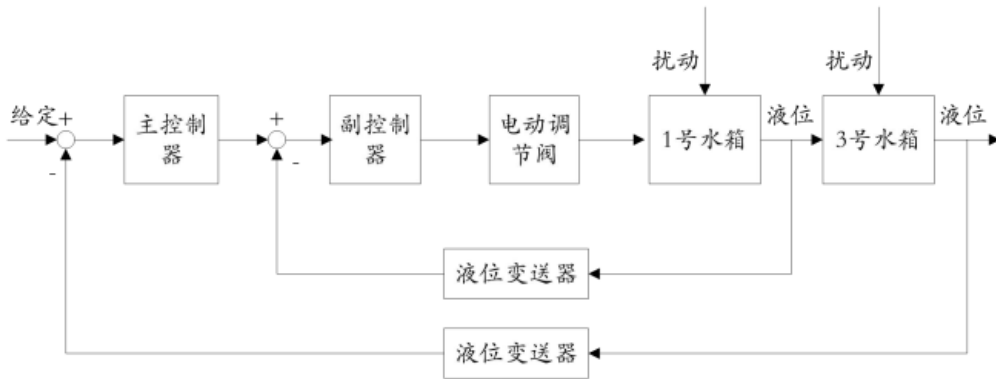


图3-1 控制系统方框图

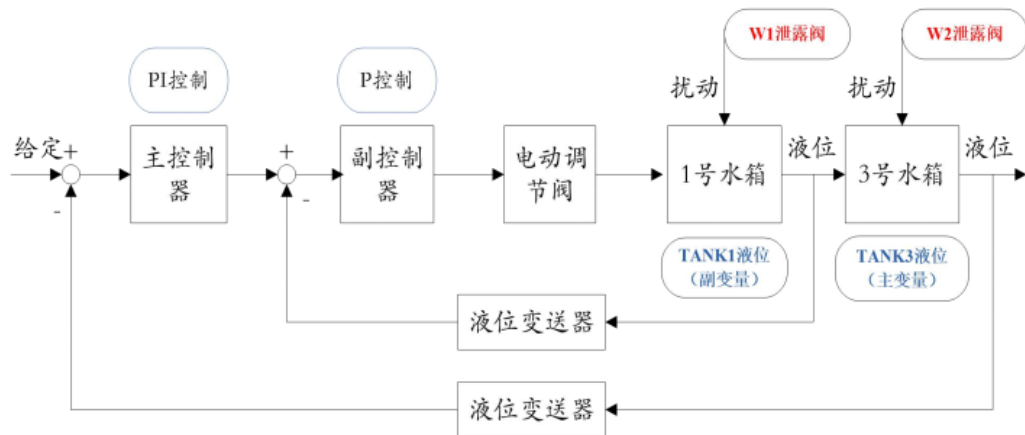


图3-3 被控量及扰动信号图示

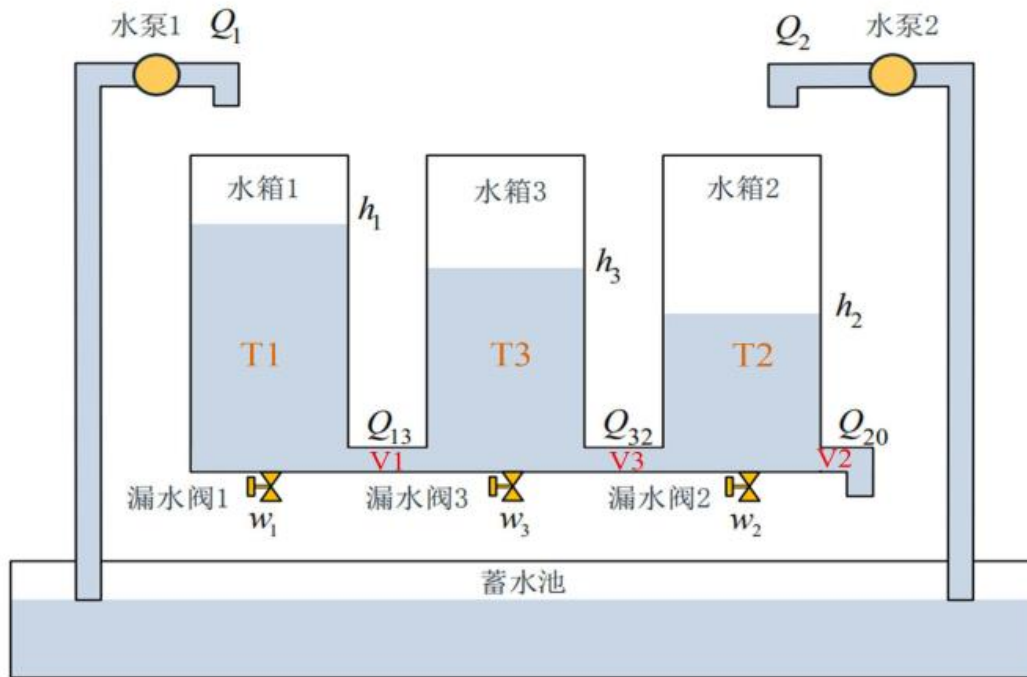


图3-2 三容水箱结构示意图

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。

二、 实验内容

(简述实验内容及操作过程)

- 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。

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。

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。

三、 实验结果及分析

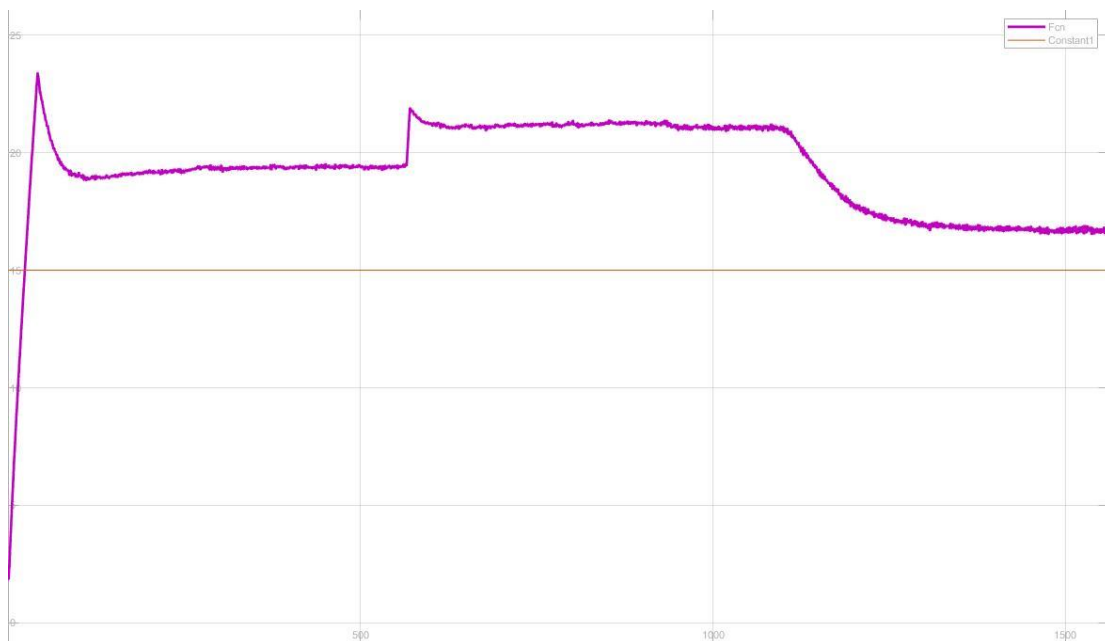
(实验原始数据、实验曲线及其分析)

(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。

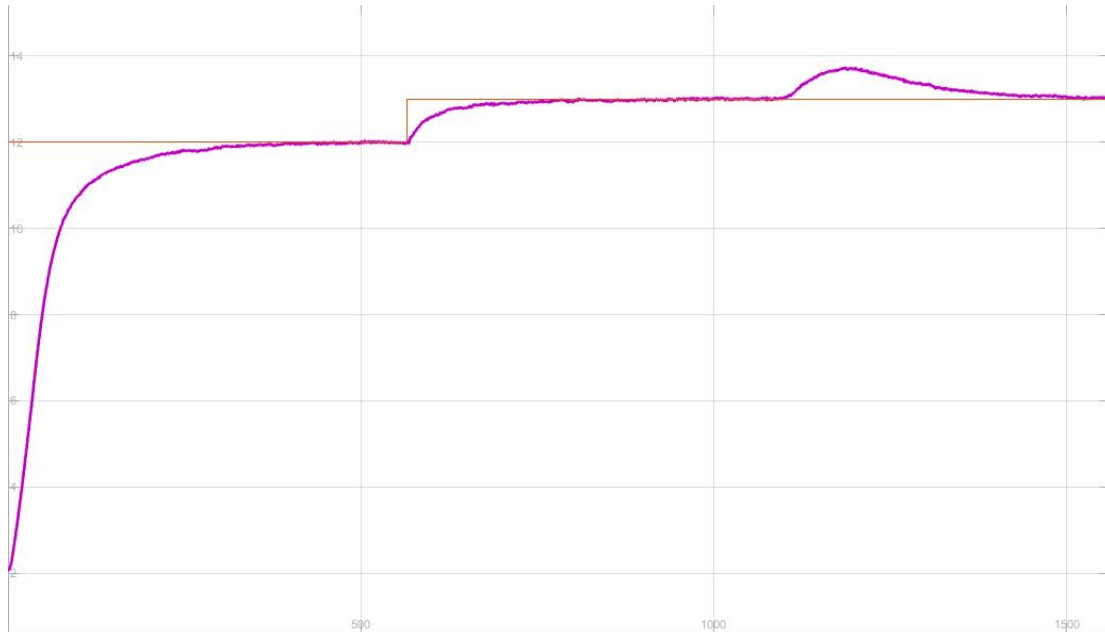
一步整定法方法易于操作和掌握，但是准确程度比两步法和逼近法低。两步整定法需要寻找 4:1 衰减曲线，调节时间长，但是准确程度较好。

(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。

水箱 1



水箱 2



(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。

串级调节与单回路调节相比，多了一个副调节回路。调节系统的主要干扰都包括在副调节回路中，因此，副调节回路能及时发现并消除干扰对主调节参数的影响，提高调节品质。

串级调节中，主、副调节器总的放大系数（主、副调节器放大系数的乘积）可整定得比单回路调节系统大，因此提高了系统的响应速度和抗干扰能力，也就有利于改善调节品质。

串级调节系统中，副回路的调节对象特性变化对整个系统的影响不大，如许多系统利用流量（或差压）围绕调节阀门或挡板组成副回路，可以克服调节机构的滞后和非线性的影响。而当主调节器参数操作条件变化或负荷变化时，主调节器又能自动改变副调节器的给定值，提高了系统的适应能力。