

# 双容水箱设备文档

## 一、双容水箱的结构和工作原理

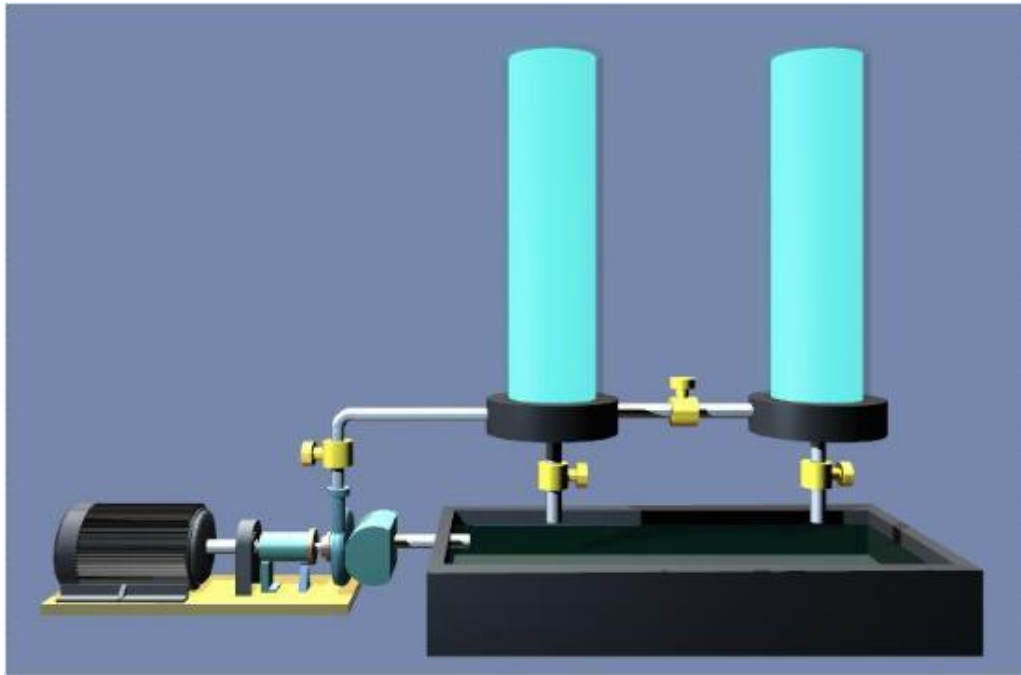


图 1 双容水箱示意图 a

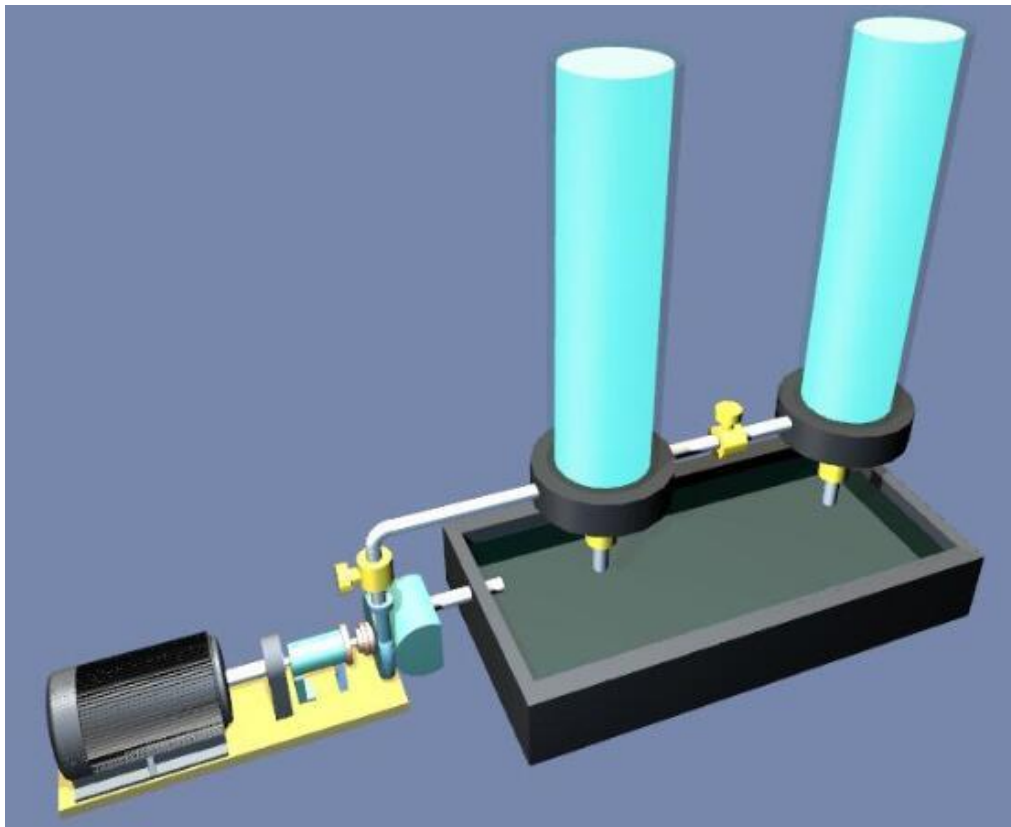


图 2 双容水箱示意图 b

双容水箱如示意图 1 和图 2 所示。通常双容水箱的设计中将通过实验进行建模，分别测定被控对象水箱在输入阶跃信号后的液位响应曲线和相关参数。通过磁力驱动泵供水，控制电动调节阀的开度大小，

改变水箱液位的给定量，从而对被控对象施加阶跃输入信号，记录阶跃响应曲线。在测定模型参数中可以通过智能调节仪表改变调节阀开度，增减水箱的流入水量大小，从而改变水箱液位实现对被控对象的阶跃信号输入。单回路调节系统，一般是指用一个控制器来控制一个被控对象，其中控制器只接收一个测量信号，其输出也只控制一个执行机构。双容水箱液位 PID 控制系统也是一种单回路调节系统，典型的双容水箱液位控制系统如下图所示：

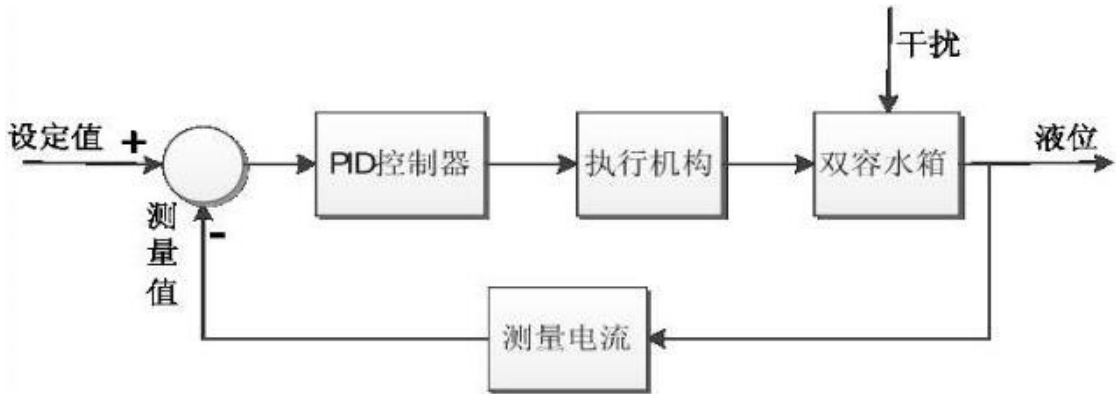


图 3 双容水箱液位 PID 控制系统的方框图

在双容水箱液位 PID 控制系统中，以液位为被控量。其中，测量电路主要功能是测量对象的液位并对其进行归一化等处理；PID 控制器是整个控制系统的核心，它根据设定值和测量值的偏差信号来进行调节，从而控制双容水箱的液位达到期望的设定值。

单回路调节系统可以满足大多数工业生产的要求，只有在单回路调节系统不能满足生产更高要求的情况下，才采用复杂的调节系统。

## 二、双容水箱的数学模型

双容水箱的示意图如图 4 所示。其中  $Q_1$  代表入水量，入水靠水泵打入， $Q_2$  代表水箱 1 的出水量同时也是水箱 2 的入水量， $Q_3$  代表水箱 2 的出水量， $h_1$  代表水箱 1 的液位高度， $h_2$  代表水箱 2 的液位高度。出水管与连通管近似与水箱底面平行，忽略出水量的重力与所受摩擦力。

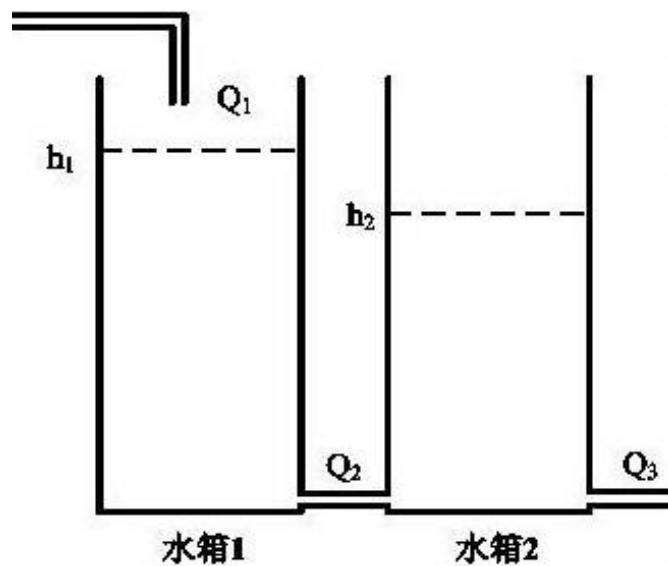


图 4 双容水箱简图

根据托里拆利公式和动态物质平衡关系可以建立串级水箱的模型。若取如下状态

$$x_1 = h_1, x_2 = h_2$$

其中

$x_1$  —— 水箱 1 的液位高度

$x_2$  —— 水箱 2 的液位高度

带入参数得系统状态空间方程如下式所示

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = 29.6432u - 0.0199\sqrt{19.6x_1} \\ \dot{x}_2 = 0.0199\sqrt{19.6(x_1 - x_2)} - 0.0199\sqrt{19.6x_2} \end{cases}$$

### 三、演示算法：PID

设定水泵输入电压为 10V，根据式(1)建立如图 5 所示的 Simulink 框图，其中  $u$  代表输入电压，系统模型为 S 函数编写的双容水箱非线性模型。对双容水箱进行比例控制，只调整 PID 模块的比例参数，积分和微分参数皆为零。但这种控制方法只能对两水箱其一进行控制。

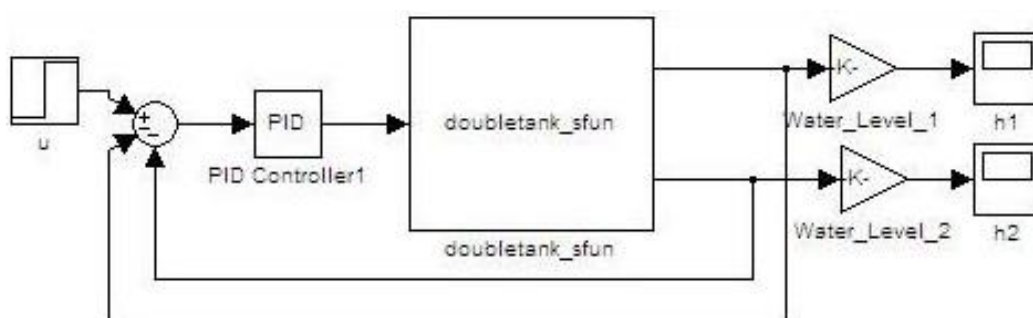


图 5 双容水箱的 Simulink 框图

设定比例控制系数为 1.2 得到水箱 1 和水箱 2 的液位变化图如图 6 和图 7 所示。

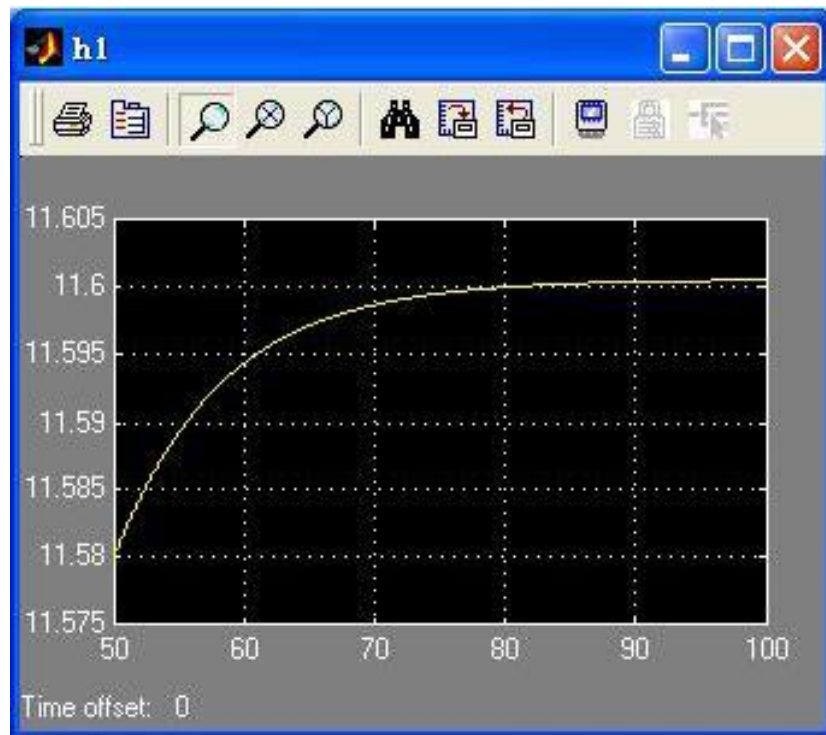


图 6 水箱 1 的液位图

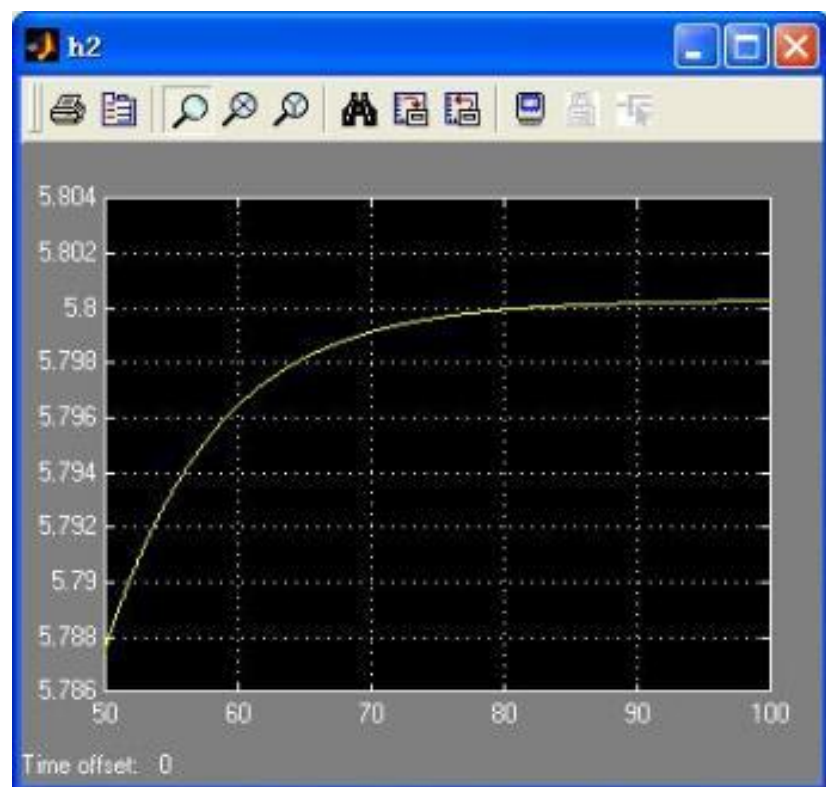


图 7 水箱 2 的液位图