

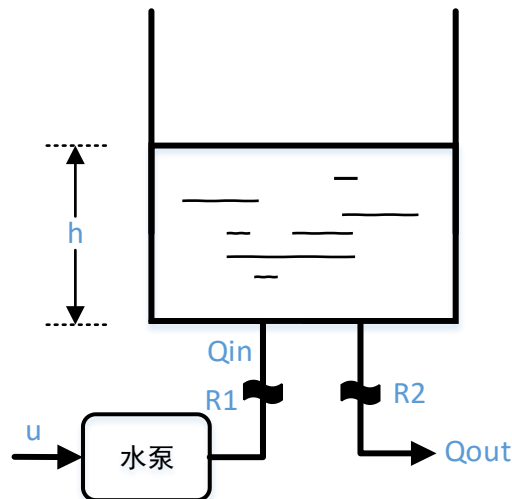
利用相关分析法辨识单容水箱模型

1 实验目的

通过单容水箱的建模和系统辨识,掌握相关分析法的原理和应用以及系统辨识的具体步骤。

2 实验步骤

2.1 单容水箱系统描述



简单的单容水箱模型如上图所示。首先,打开开关 $R1$, 将 $R2$ 打开一定开度后保持不变,给定水泵的输入电压 u , 水箱从无水开始注水,液面逐渐升高,出水流量 Q_{out} 逐渐增大,一定时间后出水流量 Q_{out} 和水箱液位 h 达到稳态。此时,在上述工作点电压上附加小的增量 Δu , 水泵输出的入水流量 Q_{in} 随之改变(简单起见,假设 Q_{in} 与 u 呈线性关系),从而导致液位 h 、出水流量 Q_{out} 的波动。假定可测的是液位 h , 可控的是电压 u , 并且建立模型的目的是为了控制液位 h 。

2.2 系统分析

1. 确定水箱系统的输入和输出,然后根据给出的单容水箱的物理量和方程,建立机理模型,并在其稳态工作点附近对模型线性化,得到输入输出增量之间的变化关系。

需要考虑的物理量和物理模型有：

水泵电压 u （单位 V ）、水箱液面高度 h （单位 m ）、水箱的流入量 Q_{in} （单位 m^3/s ）、流出量 Q_{out} （单位 m^3/s ）、水箱横截面积 A 、泄水阀门流量与压强比例系数 k

物料平衡：

$$A \frac{dh}{dt} = Q_{in} - Q_{out}$$

假设电机输入电压与流入量成正比：

$$Q_{in} = k_2 u$$

出水量与液位满足：

$$Q_{out} = k \sqrt{\rho g h}$$

2. 请用框图表示系统，标明其输入、输出（注意：输入、输出均应为稳态工作点基础上的增量）。并进一步用脉冲响应函数表达上述系统。

2.3 相关分析法辨识

请写出用相关分析法辨识上述系统时的模型类，并说明模型和系统的区别。

2.3.1 分析系统的过渡过程时间 T_s

可以对系统进行阶跃响应实验（一阶惯性系统的过渡过程时间可由时间常数 T 间接求得： $T_s \approx 3T$ ，其中 T 为系统阶跃响应到达稳态值的 63.2% 处的时间）。

2.3.2 设计 M 序列 u_M

本实验中，分别将系统的采样时间设定为 $\Delta t = 25s$ 和 $50s$ ，因此需要分别确定两组 M 序列的参数，并相应的进行两组不同的实验。

M 序列待确定的参数包括：周期 N_p ，幅度 a ， M 序列的总长度 L ，可以参考下式进行选择

$$N_p = (1.2 \sim 1.5) \cdot \frac{T_s}{\Delta t}$$
$$L \geq 3N_p$$

由于不同水箱的水泵特性差异较大， M 序列的幅度 a 需要在实验中合理选择，较小的 a 会导致输出偏小，辨识结果不准确；较大的 a 会导致输出偏离平衡点太远，系统呈现非线性。

2.3.3 在实验台上进行单容水箱系统辨识的数据采集

提前准备好生成 M 序列的.txt 文件，由于 M 序列的阶次需要通过水箱阶跃实验测得的 T_s 来确定，所以最好生成不同阶次的 M 序列，供实验时选用。 M 序列输入为 $\{-1,1\}$ 的二值变量，每个输入间以 Tab 分隔符分隔，比如 1 -1 1 1 -1（生成一个周期的 M 序列即可，系统会自动循环调用）。具体实验流程见附录 2。

2.3.4 根据相关分析法辨识离散化系统的脉冲响应

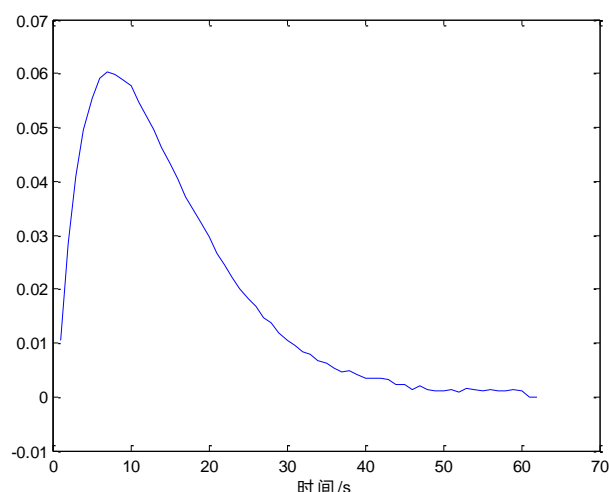
保存 M 序列施加于输入电压后单容水箱的液面高度变化曲线的结果（包括输入和输出两个文件），通过附录 3 中 matlab 程序得到离散化的系统输入输出数据，利用相关分析法辨识离散化系统的脉冲响应。

3 实验报告要求

3.1 给出分析系统的过渡过程时间 T_s 的过程和结果

3.2 辨识得到离散化系统的脉冲响应 $\hat{g}_0(k)$

假设系统没有干扰噪声。需要给出所得到的 $\hat{g}_0(k)$ 和相应的时间时刻 k ，并用画图 $\text{plot}(k, \hat{g}_0(k))$ ，比如给出如下的脉冲响应曲线。



说明：在离散化的系统中是可以不需要准确的时间 t ，只需要知道当前的采样是第 k 次采样即可。但在本实验中，给出的时刻 k 是包含采样时间的（即 $k = [0\Delta t \quad 1\Delta t \quad \cdots \quad L\Delta t]$ ），主要的目的是保证辨识得到的脉冲响应曲线也是包含时间信息的，这样便于对比在选取不同

Δt 时辨识得到的脉冲响应。

3.3 模型校验

即用辨识出的模型生成预测曲线，并与真实输出曲线对比。

3.4 分析对比两种采样频率下的系统辨识结果，说明二者关系

3.5 分析 M 序列的周期 N_p 、时间间隔 Δt 、幅度 a ，以及 M 序列的总长度 L 对脉冲响应辨识的影响

说明：所有的曲线图的横坐标需要标明时间(单位 s)，这样方便与真实的脉冲响应曲线进行对比。

4 实验提交要求

文件夹 1：以学号命名

文件夹 1 中包含实验报告(word 格式)：以“学号_姓名”命名

文件夹 1 中包含文件夹 2：以“程序”命名

文件夹 2 中包含 m 文件，以 work1.m 命名。要求 work1.m 必须可以直接点击运行的，work1.m 需要的其他相关的文件和数据可以放到文件夹 2 中，详情参考 WorkPresent.m。

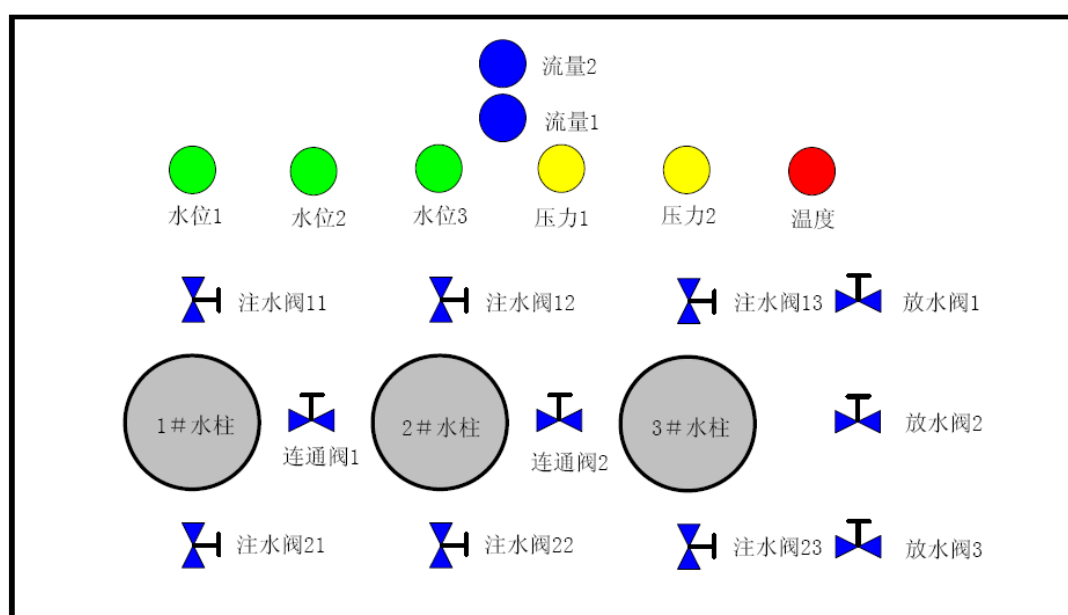
最后对文件夹 1 打包上传网络学堂作业中。

附 1：实验环境

三容水箱如下图所示，本次实验只需用到第 3 个水箱，故需要把前两个水箱的开关关闭。

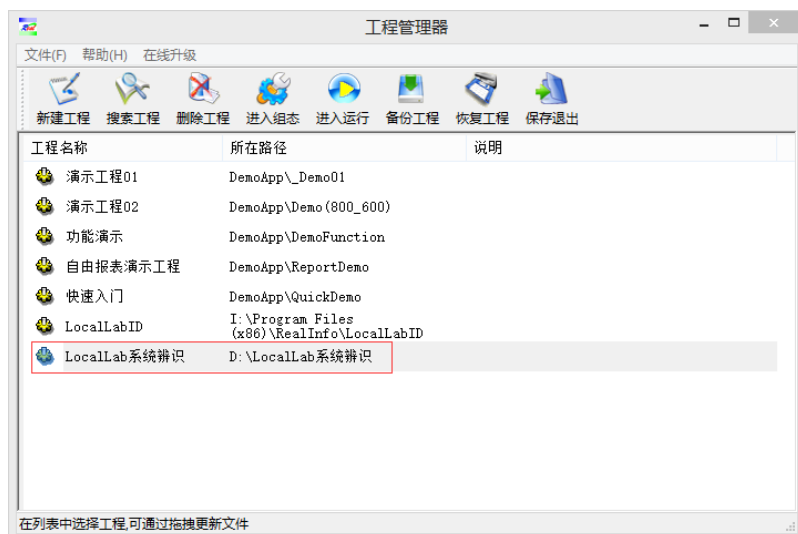


台面设置如下图所示，逆时针旋转为打开，顺时针旋转为关闭。实验时需关闭注水阀 11、注水阀 12、连通阀 1、连通阀 2、注水阀 23，打开注水阀 13（原理图中的 R1），调节放水阀 2（原理图中的 R2）



附 2：实验流程

开机后，点击“开始→程序→紫光桥组态软件→工程管理器”，双击打开系统辨识工程



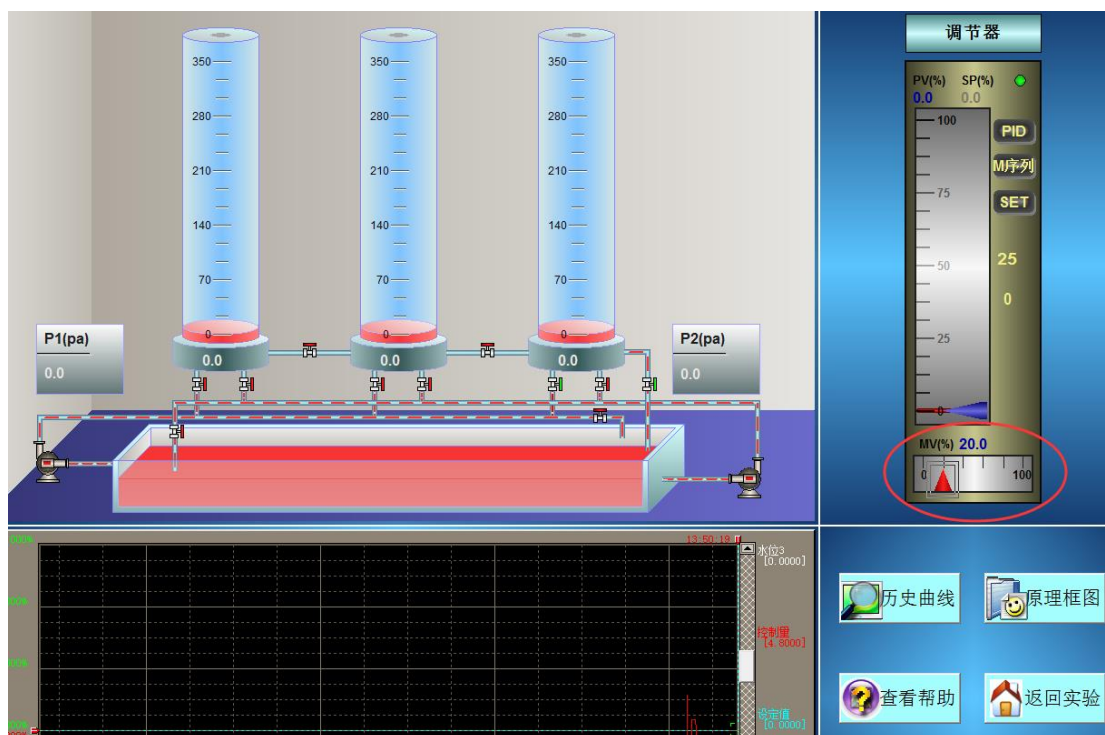
进入工程后，点击上方绿色三角形箭头运行工程：



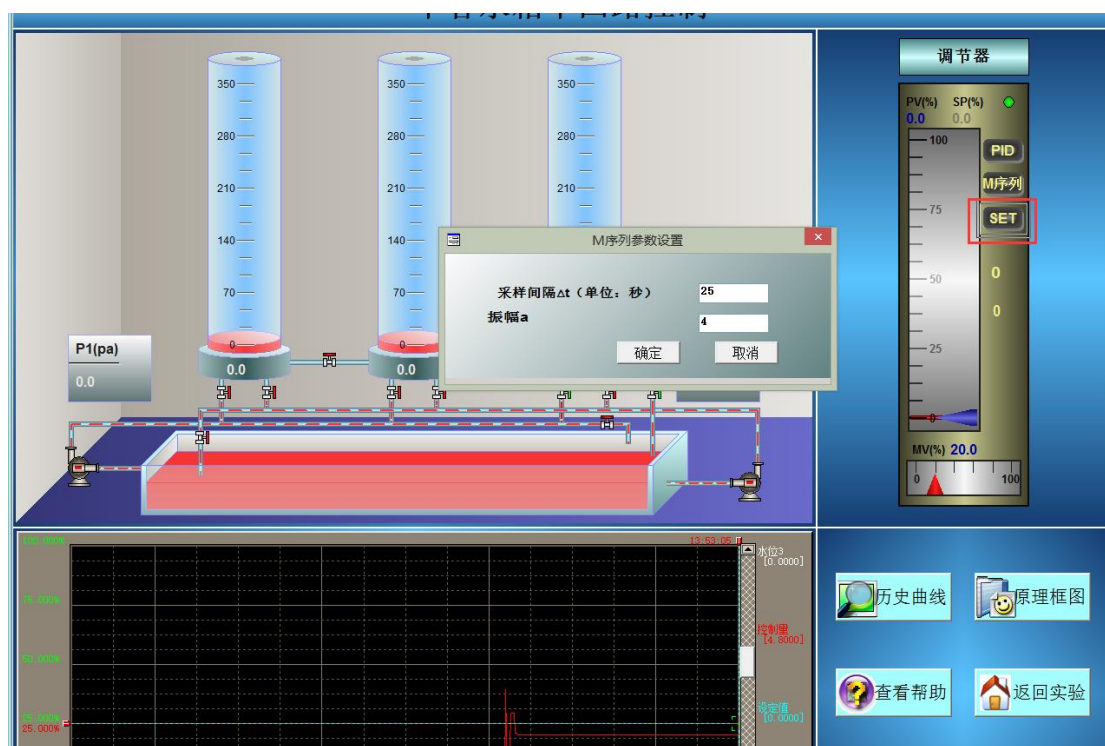
选择单回路控制→单容水箱



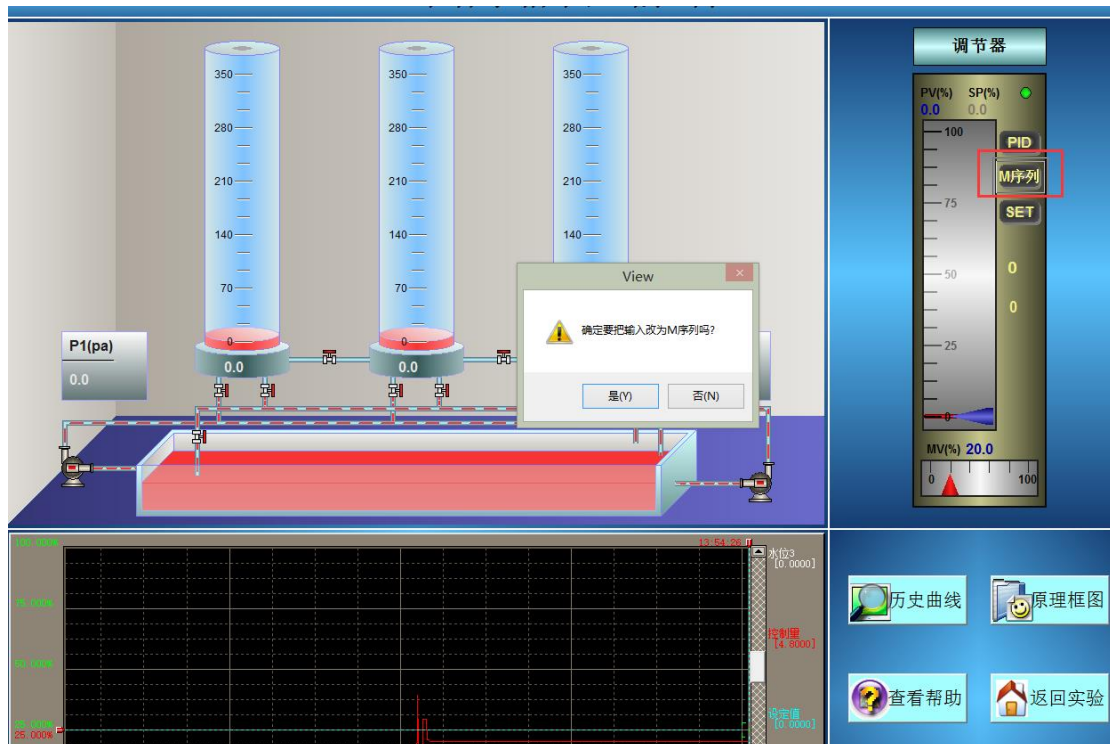
进入实验环境后，调整好单容水箱的各个开关，然后拖动下图的小红三角形来调整电机输入电压，水箱开始注水，液面开始上升。



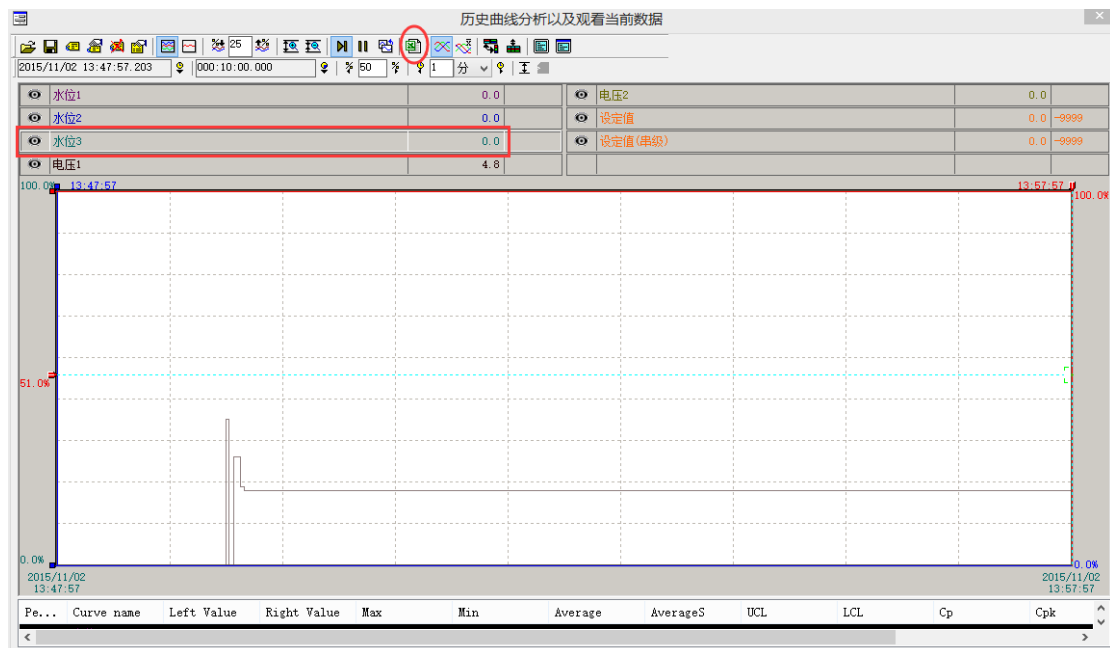
点击“SET”按钮设置采样间隔和振幅。



等单容水箱达到稳态后（约 10min 后，以液面高度不再变化为准），再点击“M 序列”，则系统会从"D://data.txt"文件中读取 M 序列，并循环施加于输入电压上，实验需进行约三个周期。



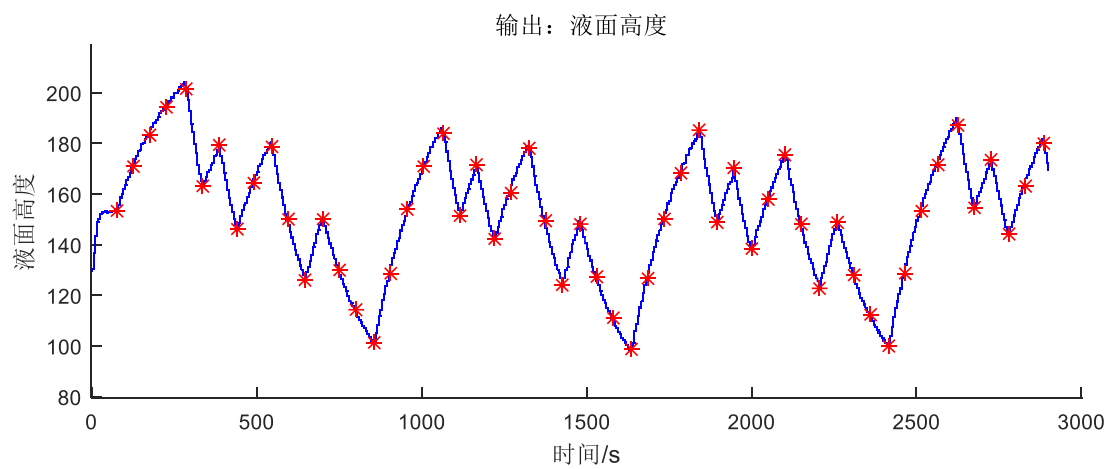
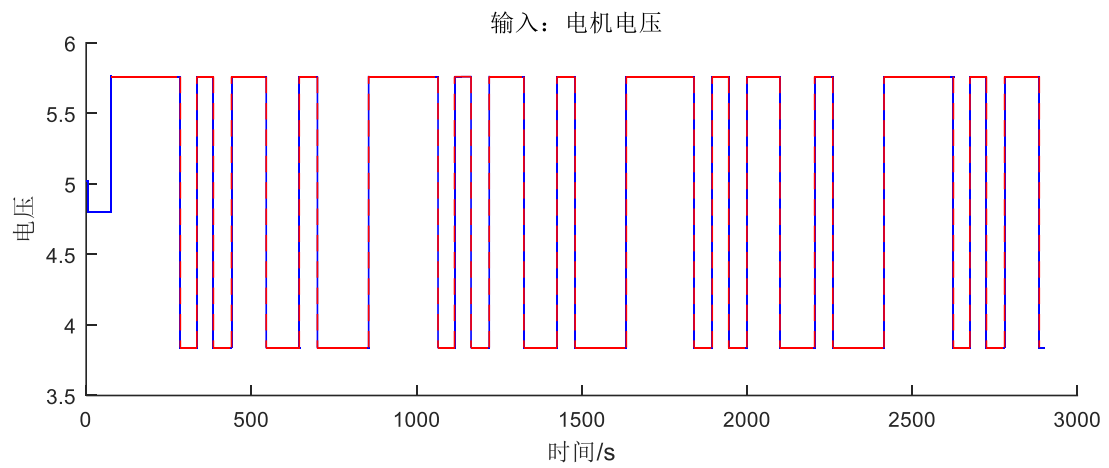
实验完成后，点击“历史曲线”会弹出下图，点击“水位 3”，然后点击保存为 csv 格式，再点击“电压 1”，也点击保存为 csv 格式。实验数据的采集到此结束。



附 3：基于 matlab 处理实验数据

从导出的电压 1 和水位 3 的.csv 文件中分别提取时间和观测值两列数据到新建的两个.csv 文件中，比如' data_d1_50s15.csv'和' data_s3_50s15.csv'（注意：不要存为.xlsx 格式）。

修改 preprocess.m 文件中的 deltat 和 Np，然后运行该文件，会得到下图：



如果红色的虚线和点与蓝色曲线吻合得很好，则说明成功提取了离散化数据，提取的数据自动保存在了 `data.mat` 文件中，可以在之后用 `load('data.mat')` 命令提取输入输出数据，然后再进行系统辨识。