

# 目 录

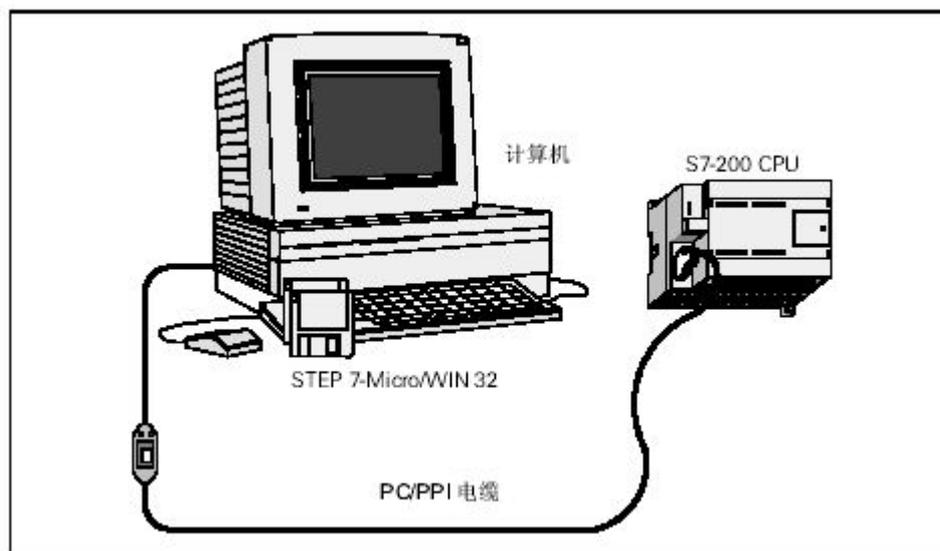
目 录.....	1
西门子 PLC 简介.....	2
一、PLC 概述.....	2
二、PLC 的工作原理.....	3
三、PLC 模拟量扩展模块—EM235.....	3
四、实验程序开放的变量.....	4
五、组态软件使用说明.....	4
实验.....	7
实验一、一阶上水箱对象特性测试实验.....	7
实验二、左水箱液位控制实验.....	12
实验三、涡轮流量计流量 PID 控制实验.....	18
实验四、管道压力控制实验.....	23

## 西门子 PLC 简介

### 一、PLC 概述

可编程序控制器 (Programmable Controller) 通常也称为可编程控制器。它是以微处理器为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术而发展起来的一种通用的工业自动控制装置; 具有体积小、功能强、程序设计简单、灵活通用、维护方便等优点, 本系统采用在工业领域有着广泛应用的西门子 S7200 系列 PLC 作为主控制器, 完成一套过程控制实验系统, 涵盖了《可编程控制器》、《信号和信息处理》、《传感技术》、《工程检测》、《模式识别》、《控制理论》、《自动化技术》、《智能控制》、《过程控制》、《自动化仪表》、《计算机应用和控制》、《计算机控制系统》等课程的教学实验与研究。

S7-200 系列小型 PLC 可以应用于各种自动化系统。系统组成如下图:



1-1、S7200-PLC 系统组成

如图 1-1 所示: S7200PLC 由主机、输入/输出接口、电源、模块扩展接口和外部设备接口、计算机编程软件等几个主要部分组成。

## 二、PLC 的工作原理

PLC 是采用“顺序扫描，不断循环”的方式进行工作的。即在 PLC 运行时，CPU 根据用户按控制要求编制好并存于用户存储器中的程序，按指令步序号（或地址号）作周期性循环扫描，如无跳转指令，则从第一条指令开始逐条顺序执行用户程序，直至程序结束。然后重新返回第一条指令，开始新一轮新的扫描。在每次扫描过程中，还要完成对输入信号的采样和对输出状态的刷新等工作。

PLC 扫描一个周期必经输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。

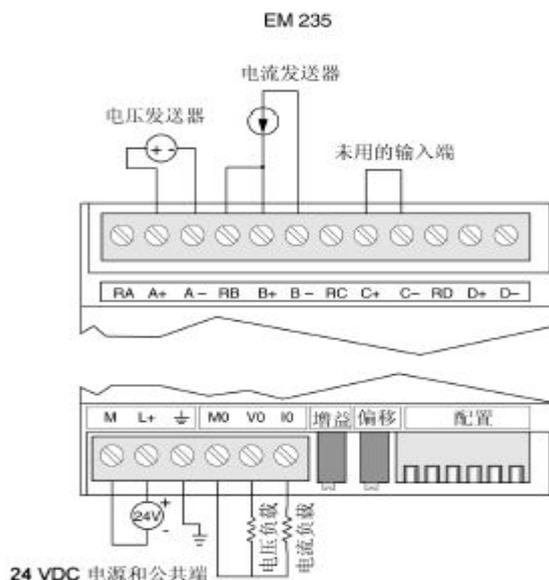
PLC 在输入采样阶段：首先以扫描方式按顺序将所有暂存在输入锁存器中的输入端子的通断状态或输入数据读入，并将其写入各对应的输入状态寄存器中，即刷新输入。随即关闭输入端口，进入程序执行阶段。

PLC 在程序执行阶段：按用户程序指令存放的先后顺序扫描执行每条指令，经相应的运算和处理后，其结果再写入输出状态寄存器中，输出状态寄存器中所有的内容随着程序的执行而改变。

输出刷新阶段：当所有指令执行完毕，输出状态寄存器的通断状态在输出刷新阶段送至输出锁存器中，并通过一定的方式（继电器、晶体管或晶闸管）输出，驱动相应输出设备工作。

## 三、PLC 模拟量扩展模块—EM235

EM235 模块为 S7200PLC 的模拟量扩展模块，只要将模拟量的扩展接口线与主机扩展口相连，即可完成 PLC 的扩展。EM235 硬件结构如图所示：



## 1-2、EM235 硬件图

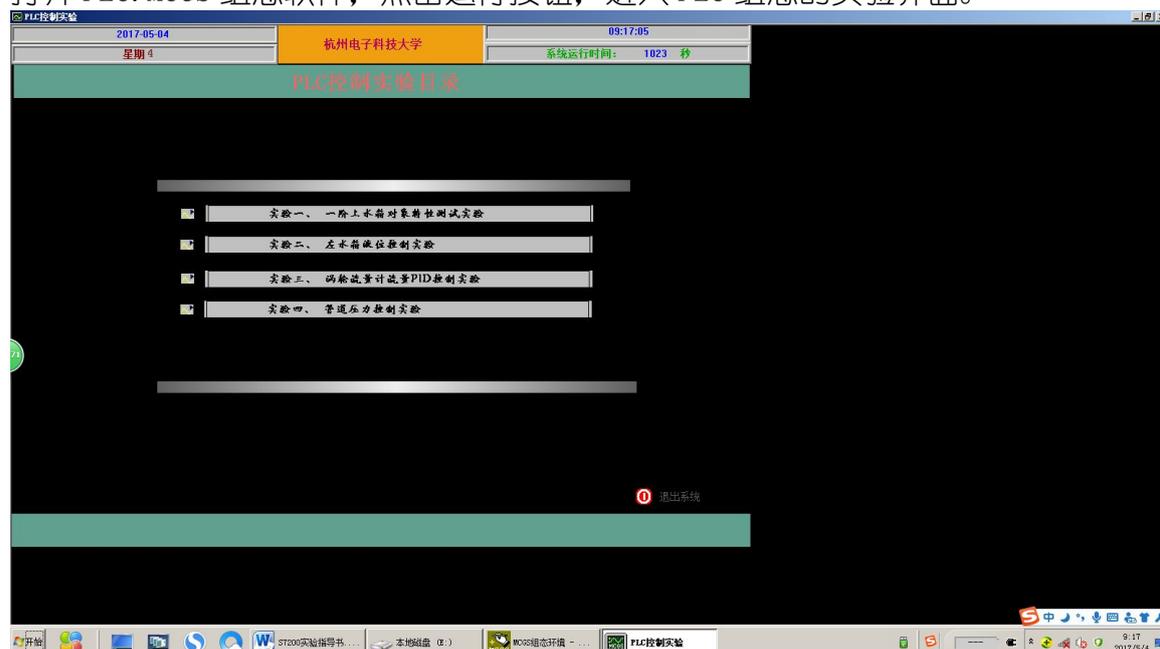
## 四、实验程序开放的变量

表 1:

实验	输入通道	输出通道	设定值	测量值	输出值
1、一阶上水箱对象特性测试实验	AI0	A00	/	VD10	VD70
2、左水箱液位控制实验	AI0	A00	VD300	VD10	VD70
3、涡轮流量计流量 PID 控制实验	AI4	A00	VD304	VD50	VD70
4、管道压力控制实验	AI5	A00	VD308	VD60	VD70

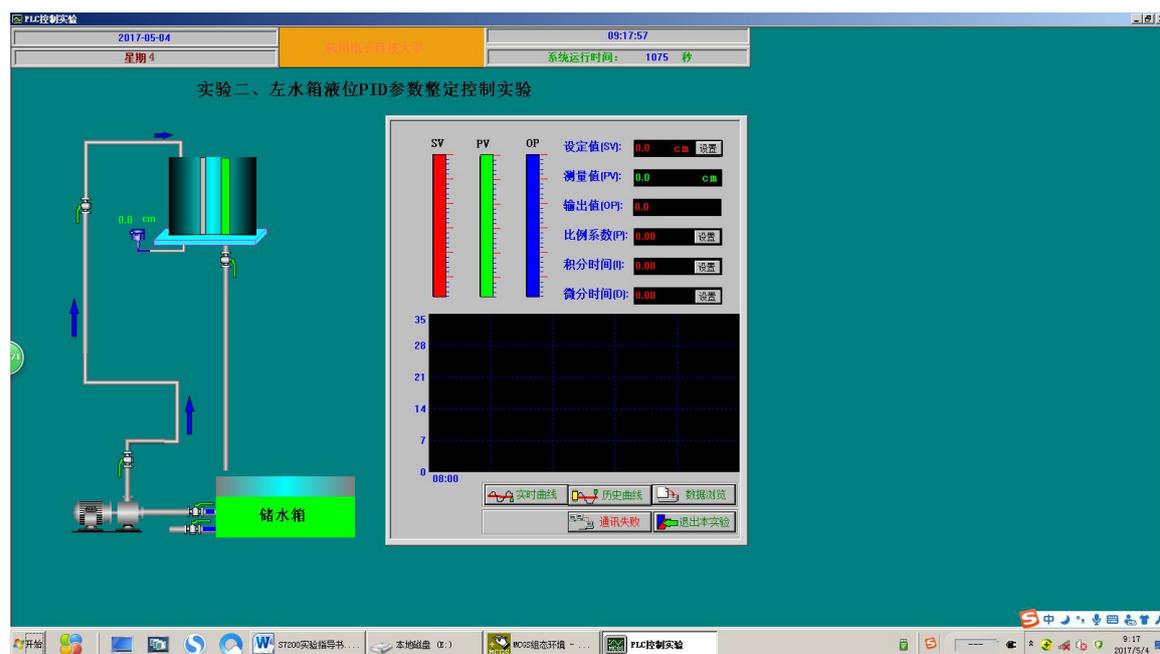
## 五、组态软件使用说明

打开 PLC.MCGS 组态软件，点击运行按钮，进入 PLC 组态的实验界面。



1、选择所需实验，点击即可进入。例如：进入实验二、左水箱液位控制实验。

如下图所示：



如上图所示：进入实验后，通过设置按钮设置给定值、比例系数、积分时间、微分时间。其中红色的动态棒图表示设定值（SV）的大小，绿色的动态棒图表示测量（PV）的大小，蓝色的动态棒图表示输出值（OP）的百分比大小。黑框内显示的是给定值和测量值的动态实时曲线。

实时曲线、历史曲线、数据浏览、自动运行、通讯成功、退出本实验按钮分别实现实时曲线的实时放大、实验曲线的永久记录、通讯状态的显示和退出实验的功能。

# 第二部分

## S7200-PLC

### 实 验

## 实验

### 实验一、一阶上水箱对象特性测试实验

#### 一、实验目的:

- 1)、熟悉单容水箱的数学模型及其阶跃响应曲线。
- 2)、根据由实际测得的单容水箱液位的阶跃响应曲线,用相关的方法分别确定它们的参数。

#### 二、实验设备:

过程控制实验装置:

配置: 西门子 PLC、上位机软件、计算机、PC/PPI 电缆线 1 根、实验连接线。

#### 三、实验原理:

阶跃响应测试法是系统在开环运行条件下,待系统稳定后,通过调节器或其他操作器,手动改变对象的输入信号(阶跃信号)。同时,记录对象的输出数据或阶跃响应曲线,然后根据已给定对象模型的结构形式,对实验数据进行处理,确定模型中各参数。

图解法是确定模型参数的一种实用方法,不同的模型结构,有不同的图解方法。单容水箱对象模型用一阶加时滞环节来近似描述时,常可用两点法直接求取对象参数。

如图 1-1 所示,设水箱的进水量为  $Q_1$ ,出水量为  $Q_2$ ,水箱的液面高度为  $h$ ,出水阀  $V_2$  固定

于某一开度值。根据物料动态平衡的关系,求得:

$$R_2 * C * \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = R_2 * \Delta Q_2$$

在零初始条件下,对上式求拉氏变换,得:

$$G(s) = \frac{H(s)}{Q_1(s)} = \frac{R_2}{R_2 * C * s + 1} = \frac{K}{T * s + 1}$$

式中， $T$  为水箱的时间常数（注意：阀  $V_2$  的开度大小会影响到水箱的时间常数）， $T=R_2*C$ ， $K=R_2$  为过程的放大倍数， $R_2$  为  $V_2$  阀的液阻， $C$  为水箱的容量系数。令输入流量  $Q_1 (S) = R_0/S$ ， $R_0$  为常量，则输出液位的高度为：

$$H(s) = \frac{KR_0}{S(TS+1)} = \frac{KR_0}{S} - \frac{KR_0}{S+1/T}$$

当  $t=T$  时，则有：

$$h(T) = KR_0(1 - e^{-1}) = 0.632KR_0 = 0.632h(\infty)$$

$$\text{即 } h(t) = KR_0(1 - e^{-t/T})$$

当  $t \rightarrow \infty$  时， $h(\infty) = KR_0$ ，因而有

$$K = h(\infty) / R_0 = \text{输出稳态值} / \text{阶跃输入}$$

上式表示一阶惯性环节的响应曲线是一单调上升的指数函数，如图 1-2 所示。当由实验求得图 1-2 所示的

阶跃响应曲线后，该曲线上升到稳态值的 63% 所对应时间，就是水箱的时间常数  $T$ ，该时间常数  $T$  也可以通过坐标原点对响应曲线作切线，切线与稳态值交点所对应的时间就是时间常数  $T$ ，其理论依据

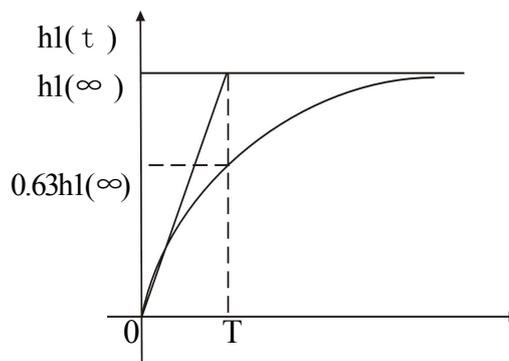


图 1-2、阶跃响应曲线

是：

$$\left. \frac{dh(t)}{dt} \right|_{t=0} = \frac{KR_0}{T} e^{-\frac{t}{T}} \Big|_{t=0} = \frac{KR_0}{T} = \frac{h(\infty)}{T}$$

上式表示  $h(t)$  若以在 origin 时的速度  $h(\infty)/T$  恒速变化，即只要花  $T$  秒时间就可达到稳态值  $h(\infty)$ 。

#### 四、实验内容和步骤：

##### 1、设备的连接和检查：

首先打开从水泵到左水箱的管路中所有的阀门，打开左水箱出水阀，关闭其他管路和其他两个水箱的阀门，确保开关都在关闭状态。

## 2、系统连线：

1)、将左水箱液位+ (正极) 接到 S7200PLC 的 AI0 的正极, 左水箱液位- (负端) 接到 S7200PLC 的 AI0 的负极。

2)、将 S7200PLC 的 A00 输出端的正极接至 1 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的+端 (即正极), 将 S7200PLC 的 A00 输出端的负极接至 1 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的- (即负极)。

## 3、启动实验装置：

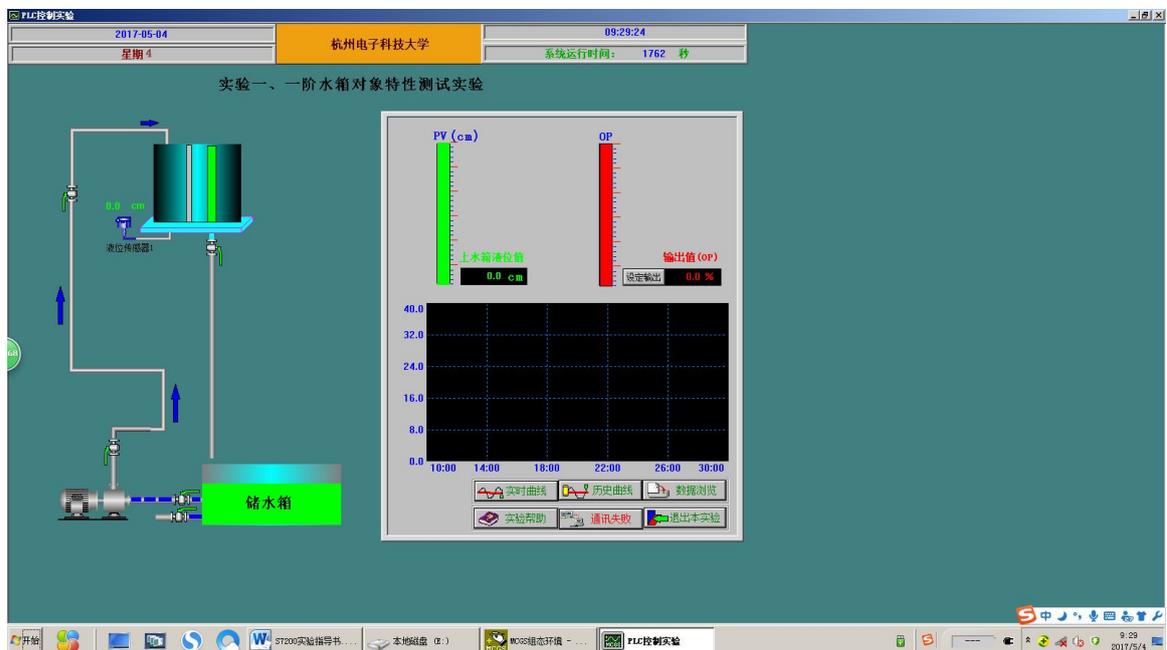
1)、打开总电源开关。

2)、打开 PLC 电源开关, 此时 PLC 应该显示运行指示。

3)、打开 1 号变频器电源开关, 频率控制方式打到外控, 此时变频器应该显示频率数字。

## 4、实验步骤：

1)、启动计算机 MCGS 组态软件, 进入实验系统相应的实验如图所示：



实验软件界面

2)、点击设定输出按钮,进行设定输出值的大小,这个值根据阀门开度的大小来给定,一般初次设定值 $<50$ 。开启单相泵电源开关,启动动力支路。将被控参数液位高度控制在 50%处(一般为 15cm)。

3)、观察系统的被调量:上水箱的水位是否趋于平衡状态。若已平衡,应记录输出值,以及水箱水位的高度  $h_1$  和测量显示值并填入下表。

PLC 输出值	水箱水位高度 $h_1$	组态显示值
0~100	cm	cm

4)、迅速增加 PLC 手动输出值,增加 5%的输出量,记录此引起的阶跃响应的过程参数,均可在上位软件上获得,以此数据绘制变化曲线。

t (秒)																			
水箱水位 $h_1$ (cm)																			
组态读数 (cm)																			

5)、直到进入新的平衡状态。再次记录平衡时的下列数据,并填入下表:

PLC 输出值	水箱水位高度 $h_1$	组态显示值
0~100	cm	cm

6)、将仪表输出值调回到步骤 4) 前的位置,再用秒表和数字表记录由此引起的阶跃响应过程参数与曲线。填入下表:

t (秒)																			
水箱水位 $h_1$ (cm)																			
组态读数 (cm)																			

7)、重复上述实验步骤。

## 五、实验报告要求:

- (1) 作出一阶环节的阶跃响应曲线。
- (2) 根据实验原理中所述的方法，求出一阶环节的相关参数。

#### 六、注意事项：

- (1) 做本实验过程中，水箱出水阀不得任意改变开度大小。
- (2) 阶跃信号不能取得太大，以免影响正常运行；但也不能过小，以防止对象特性的不真实性。一般阶跃信号取正常输入信号的 5%~15%。
- (3) 在输入阶跃信号前，过程必须处于平衡状态。

#### 七、思考题：

- (1) 在做本实验时，为什么不能任意变化出水阀的开度大小？
- (2) 用两点法和用切线对同一对象进行参数测试，它们各有什么特点？

## 实验二、左水箱液位控制实验

### 一、实验目的:

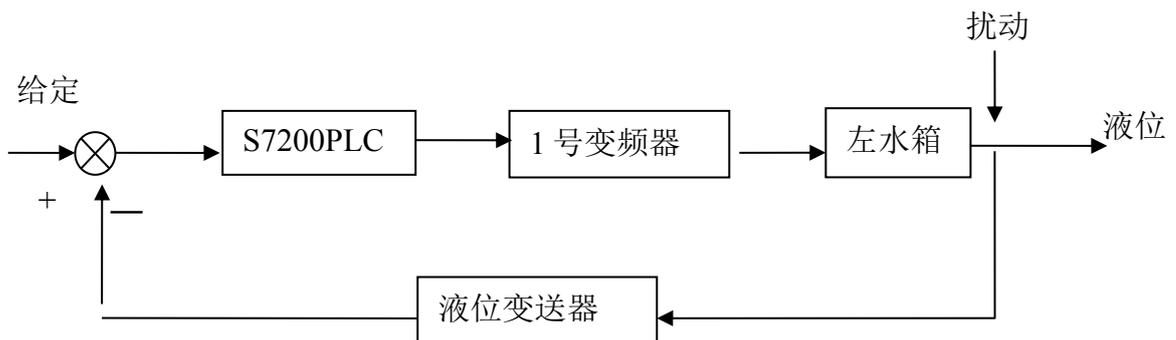
- 1) 、通过实验熟悉单回路反馈控制系统的组成和工作原理。
- 2) 、分析分别用 P、PI 和 PID 调节时的过程图形曲线。
- 3) 、定性地研究 P、PI 和 PID 调节器的参数对系统性能的影响。

### 二、实验设备:

过程控制实验装置:

配置: 西门子 PLC、上位机软件、计算机、PC/PPI 电缆线 1 根、实验连接线。

### 三、实验原理:



实验原理图

上图为单回路左水箱液位控制系统，单回路调节系统一般指在一个调节对象上用一个调节器来保持一个参数的恒定，而调节器只接受一个测量信号，其输出也只控制一个执行机构。本系统所要保持的恒定参数是液位的给定高度，即控制的任务是控制左水箱液位等于给定值所要求的高度。根据控制框图，这是一个闭环反馈单回路液位控制，采用工业 PLC 控制。当调节方案确定之后，接下来就是整定调节器的参数，一个单回路系统设计安装就绪之后，控制质量的好坏与控制器参数选择有着很大的关系。合适的控制参数，可以带来满意的控制效果。反之，控制器参数选择不合适，则会使控制质量变坏，达不到预期效果。因此，当一个单回路系统组成好以后，如何整定好控制器参数

是一个很重要的实际问题。一个控制系统设计好以后，系统的投运和参数整定是十分重要的工作。

一般言之，用比例 (P) 调节器的系统是一个有差系统，比例度  $\delta$  的大小不仅会影响到余差的大小，而且也与系统的动态性能密切相关。比例积分 (PI) 调节器，由于积分的作用，不仅能实现系统无余差，而且只要参数  $\delta$ ， $T_i$  调节合理，也能使系统具有良好的动态性能。比例积分微分 (PID) 调节器是在 PI 调节器的基础上再引入微分 D 的作用，从而使系统既无余差存在，又能改善系统的动态性能（快速性、稳定性等）。在单位阶跃作用下，P、PI、PID 调节系统的阶跃响应分别如图 4-2 中的曲线①、②、③所示。

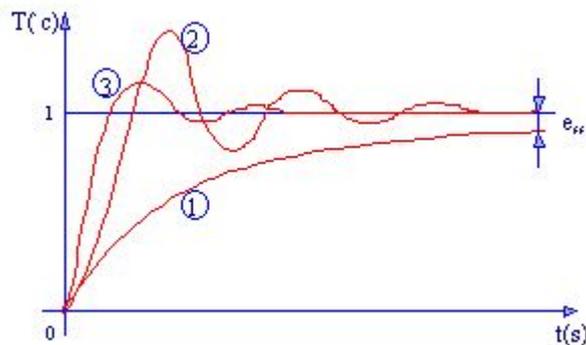


图 4-2、P、PI 和 PID 调节的阶跃响应曲线

### 三、内容和步骤：

#### 1、设备的连接和检查：

首先打开从水泵到左水箱的管路中所有的阀门，打开左水箱出水阀，关闭其他管路和其他两个水箱的阀门，确保开关都在关闭状态。

#### 2、系统连线：

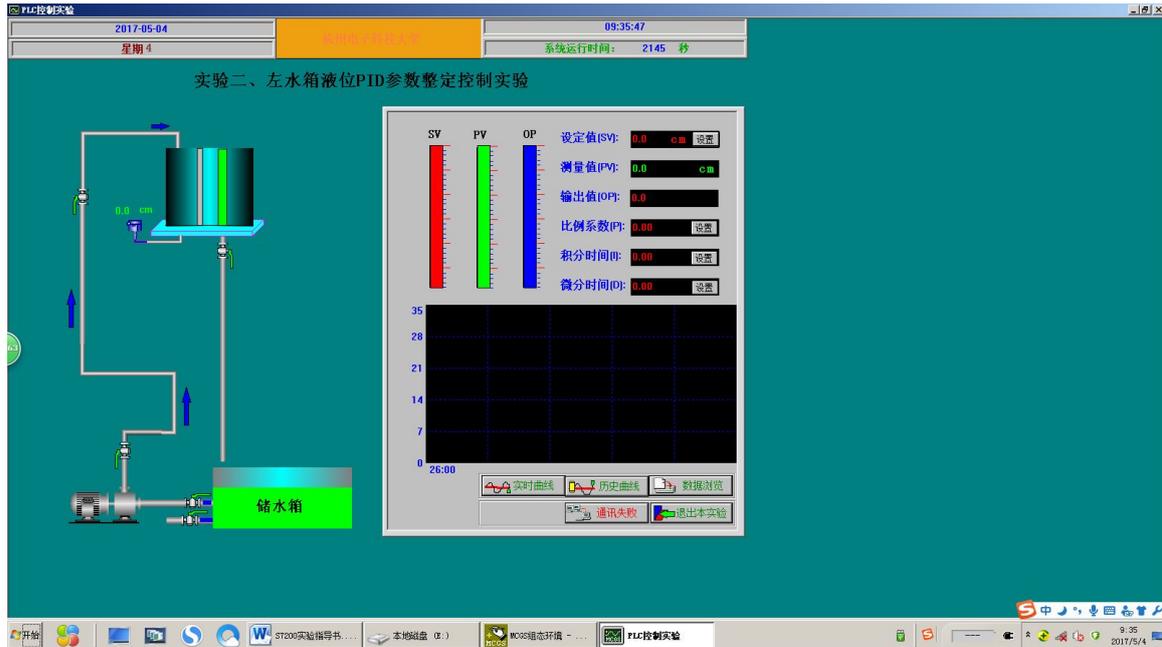
- 1)、将左水箱液位+（正极）接到 S7200PLC 的 AI0 的正极，左水箱液位-（负极）接到 S7200PLC 的 AI0 的负极。
- 2)、将 S7200PLC 的 A00 输出端的正极接至 1 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的+端（即正极），将 S7200PLC 的 A00 输出端的负极接至 1 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的-（即负极）。

#### 3、启动实验装置：

- 1)、打开总电源开关。
- 2)、打开 PLC 电源开关，此时 PLC 应该显示运行指示。
- 3)、打开 1 号变频器电源开关，频率控制方式打到外控，此时变频器应该显示频率数字。

#### 4、实验步骤：

- 1)、启动计算机 MCGS 组态软件，进入实验系统相应的实验如图所示：



实验软件界面

##### (一)、比例 (P) 调节

- 1)、设定给定值，调整 P 参数。
- 2)、待系统稳定后，对系统加扰动信号（在纯比例的基础上加扰动，一般可通过改变设定值实现）。记录曲线在经过几次波动稳定下来后，系统有稳态误差，并记录余差大小。
- 3)、减小 P 重复步骤 3，观察过渡过程曲线，并记录余差大小。
- 4)、增大 P 重复步骤 3，观察过渡过程曲线，并记录余差大小。
- 5)、选择合适的 P，可以得到较满意的过渡过程曲线。改变设定值（如设定值由 50%变为 60%），同样可以得到一条过渡过程曲线。
- 6)、注意：每当做完一次试验后，必须待系统稳定后再做另一次试验。

##### (二)、比例积分调节器 (PI) 控制

1)、在比例调节实验的基础上,加入积分作用,即在界面上设置 I 参数不为 0,观察被控制量是否能回到设定值,以验证 PI 控制下,系统对阶跃扰动无余差存在。

2)、固定比例 P 值(中等大小),改变 PI 调节器的积分时间常数值  $T_i$ ,然后观察加阶跃扰动后被调量的输出波形,并记录不同  $T_i$  值时的超调量  $\sigma_p$ 。

表一、不同  $T_i$  时的超调量  $\sigma_p$

积分时间常数 $T_i$	大	中	小
超调量 $\sigma_p$			

3)、固定 I 于某一中间值,然后改变 P 的大小,观察加扰动后被调量输出的动态波形,据此列表记录不同值  $T_i$  下的超调量  $\sigma_p$ 。

表二、不同  $\delta$  值下的  $\sigma_p$

比例 P	大	中	小
超调量 $\sigma_p$			

4)、选择合适的 P 和  $T_i$  值,使系统对阶跃输入扰动的输出响应为一条较满意的过渡过程曲线。此曲线可通过改变设定值(如设定值由 50%变为 60%)来获得。

### (三)、比例积分微分调节(PID)控制

1)、在 PI 调节器控制实验的基础上,再引入适量的微分作用,即把软件界面上设置 D 参数,然后加上与前面实验幅值完全相等的扰动,记录系统被控制量响应的动态曲线,并与实验(二)PI 控制下的曲线相比较,由此可看到微分 D 对系统性能的影响。

2)、选择合适的 P、 $T_i$  和  $T_d$ ,使系统的输出响应为一条较满意的过渡过程曲线(阶跃输入可由给定值从 50%突变至 60%来实现)。

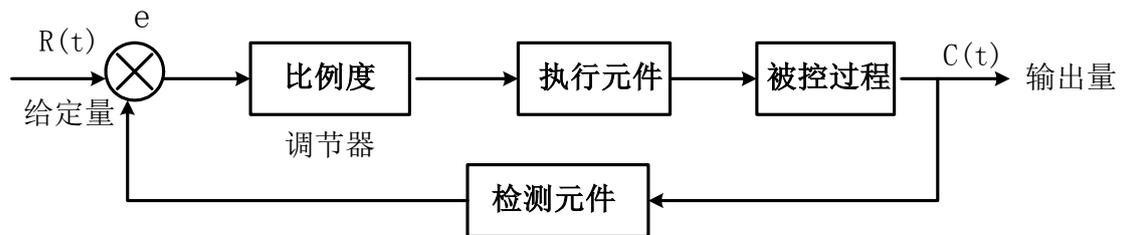
3)、在历史曲线中选择一条较满意的过渡过程曲线进行记录。

### (四)、用临界比例度法整定调节器的参数

在实现应用中,PID 调节器的参数常用下述实验的方法来确定。用临界比例度法去整定 PID 调节器的参数是既方便又实用的。它的具体做法是:

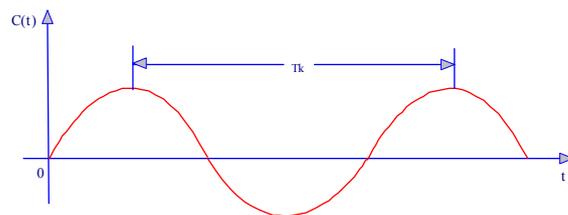
1)、待系统稳定后,逐步减小调节器的比例度  $\delta$ (即  $1/P$ ),并且每当减小一次比例度  $\delta$ ,待被调量回复到平衡状态后,再手动给系统施加一个 5%~15%

的阶跃扰动，观察被调量变化的动态过程。若被调量为衰减的振荡曲线，则应继续减小比例度  $\delta$ ，直到输出响应曲线呈现等幅振荡为止。如果响应曲线出现发散振荡，则表示比例度调节得过小，应适当增大，使之出现等幅振荡。图 4-6 为它的实验方块图。



具有比例调节器的闭环系统

2)、在上图系统中，当被调量作等幅振荡时，此时的比例度  $\delta$  就是临界比例度，用  $\delta_k$  表示之，相应的振荡周期就是临界周期  $T_k$ 。据此，按下表可确定 PID 调节器的三个参数  $\delta$ 、 $T_i$  和  $T_d$ 。



具有周期  $T_k$  的等幅振荡

表四、用临界比例度  $\delta_k$  整定 PID 调节器的参数

调节器参数 调节器名称	$\delta_k$	$T_i$ (S)	$T_d$ (S)
P	$2\delta_k$		
PI	$2.2\delta_k$	$T_k/1.2$	
PID	$1.6\delta_k$	$0.5T_k$	$0.125T_k$

3)、必须指出，表格中给出的参数值是对调节器参数的一个初略设计，因为它根据大量实验而得出的结论。若要就得更满意的动态过程（例如：在阶跃作用下，被调参量作 4:1 地衰减振荡），则要在表格给出参数的基础上，对  $\delta$ 、 $T_i$ （或  $T_d$ ）作适当调整。

## 五、实验报告要求：

- 1) 、画出单容水箱液位控制系统的方块图。
- 2) 、用接好线路的单回路系统进行投运练习，并叙述无扰动切换的方法。
- 3) 、用临界比例度法整定调节器的参数，写出三种调节器的余差和超调量。
- 4) 、作出 P 调节器控制时，不同  $\delta$  值下的阶跃响应曲线。
- 5) 、作出 PI 调节器控制时，不同  $\delta$  和  $T_i$  值时的阶跃响应曲线。
- 6) 、画出 PID 控制时的阶跃响应曲线，并分析微分 D 的作用。
- 7) 、比较 P、PI 和 PID 三种调节器对系统无差度和动态性能的影响。

#### 六、注意事项：

实验线路接好后，必须经指导老师检查认可后方可接通电源。

#### 七、思考题：

- 1) 、实验系统在运行前应做好哪些准备工作？
- 2) 、为什么要强调无扰动切换？
- 3) 、试定性分析三种调节器的参数  $\delta$ 、 $(\delta, T_i)$  和  $(\delta, T_i$  和  $T_d)$  的变化对控制过程各产生什么影响？
- 4) 、如何实现减小或消除余差？纯比例控制能否消除余差？

## 实验三、涡轮流量计流量 PID 控制实验

### 一、实验目的：

- 1) 、了解涡轮流量计的结构及其使用方法。
- 2) 、熟悉单回路流量控制系统的组成。

### 二、实验设备：

过程控制实验装置：

配置：西门子 PLC、上位机软件、计算机、PC/PPI 电缆线 1 根、实验连接线。

### 三、实验原理：

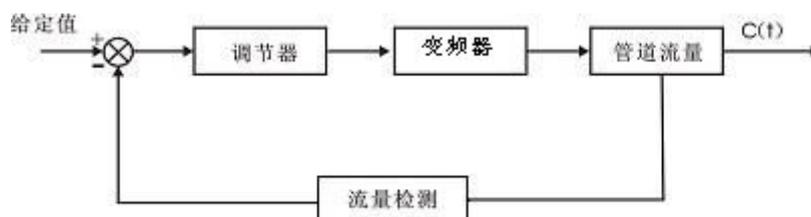


图 6-1、流量控制系统框图

### 四、实验内容与步骤：

#### 1、设备的连接和检查：

首先打开从水泵到右水箱的管路中所有的阀门，打开右水箱出水阀，关闭其他管路和其他两个水箱的阀门，确保开关都在关闭状态。

#### 2、系统连线：

- 1) 、将涡轮流量计+（正极）接到 S7200PLC 的 AI4 的正极，涡轮流量计-（负端）接到 S7200PLC 的 AI4 的负极。
- 2) 、将 S7200PLC 的 A00 输出端的正极接至 2 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的+端（即正极），将 S7200PLC 的 A00 输出端的负极接至 2 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的-（即负极）。

#### 3、启动实验装置：

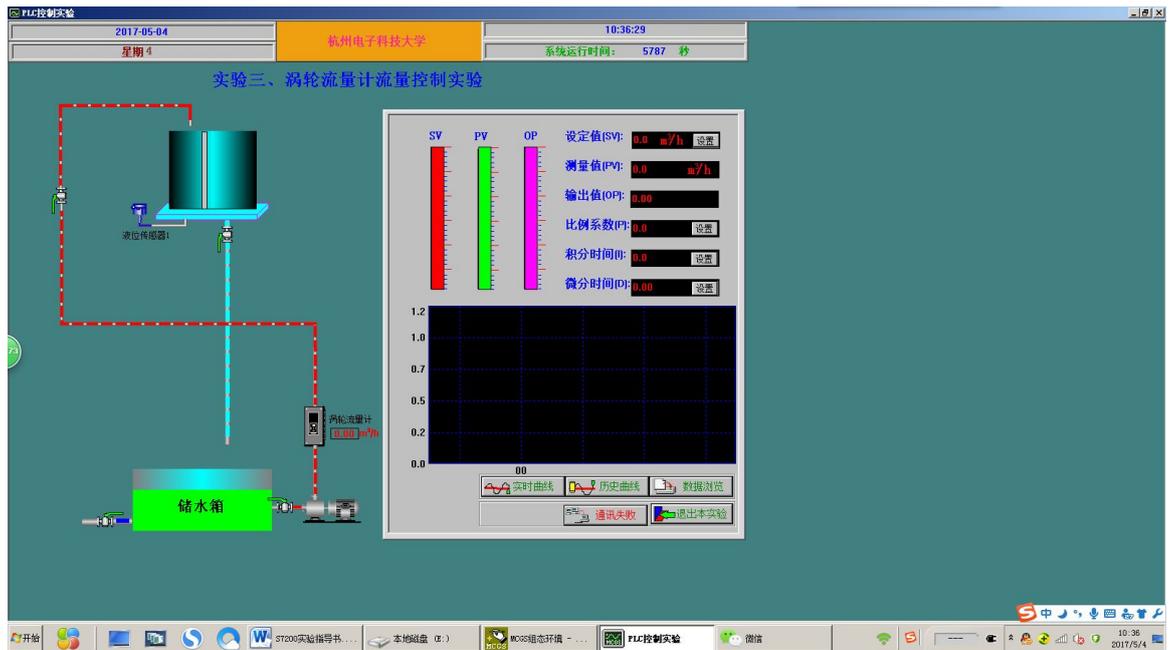
- 1) 、打开总电源开关。

2)、打开 PLC 电源开关, 此时 PLC 应该显示运行指示。

3)、打开 2 号变频器电源开关, 频率控制方式打到外控, 此时变频器应该显示频率数字。

#### 4、实验步骤:

1)、在老师的指导下, 启动计算机, 进入 MCGS 组态环境运行软件, 进入相应的实验。如图所示:



实验软件界面

#### (一)、比例调节器 (P) 控制

1)、启动工艺流程并开启相关仪器, 在开环状态下, 利用调节器的手动操作按钮把被调量管道的流量调到给定值 (一般把流量控制在流量量程的 50% 处, 参考数值是 0.7)。

2)、观察计算机显示屏上实时的响应曲线。待系统的流量趋于平衡不变后, 加入阶跃信号 (一般可通过改变设定值的大小来实现)。经过一段时间运行后, 系统进入新的平稳状态。由记录曲线观察并记录在不同的比例 P 下系统的余差和超调量。

表九、不同值时的余差和超调量

P	大	中	小
$e_{ss}$			
$\sigma p$			

3)、记录软件中的实时曲线的过程数据作出一条完整的过渡过程曲线,记录表格自拟。

### (二)、比例积分调节器 (PI) 控制

1)、在比例调节控制实验的基础上,加上积分作用“ $I$ ”,即把“ $I$ ”(积分)设置为一参数,根据不同的情况,设置不同的大小。观察被控制量能否回到原设定值的位置,以验证系统在 PI 调节器控制下,系统的阶跃扰动无余差产生。

2)、固定比例  $P$  值(中等大小),然后改变调节器的积分时间常数  $I$  值,观察加入阶跃扰动后被调量的输出波形,并记录不同  $I$  值时的超调量  $\sigma_p$ 。

表十、不同  $T_i$  值时的超调量  $\sigma_p$

积分时间常数 $I$	大	中	小
超调量 $\sigma_p$			

3)、固定  $I$  于某一中等大小的值,然后改变比例  $P$  的大小,观察加阶跃扰动后被调量的动态波形,并列表记录不同值的超调量。

表十一、不同  $P$  值下的超调量  $\sigma_p$

比例 $P$	大	中	小
超调量 $\sigma_p$			

4)、选择合适的  $P$  和  $I$  值,使系统对阶跃输入(包括阶跃扰动)的输出响应为一条较满意的过渡过程曲线。此曲线可通过改变设定值(如把设定值由 50% 变为 60%)来获得。

### (三)、用临界比例度法整定调节器的参数

在实际应用中, PID 调节器的参数常用下述实验的方法来确定,具体的做法是:

1)、待系统稳定后,逐步减小调节器的比例度  $\delta$ ,并且每当减小一次比例度,待被调量回复到平衡状态后,再手动给系统施加一个 5%~15% 的阶跃扰动,然后观察被调量变化的动态过程。若被调量为衰减的振荡曲线,则应继续减小比例度  $\delta$ ,直到输出响应曲线呈等幅振荡为止,如果响应曲线出现发散,则表示比例度调得过小,应适当增大,使被调量变为等幅振荡。如图 6-5 所示。

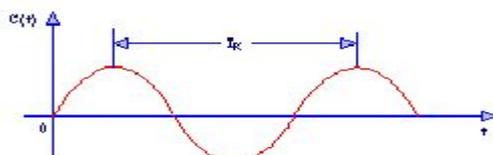


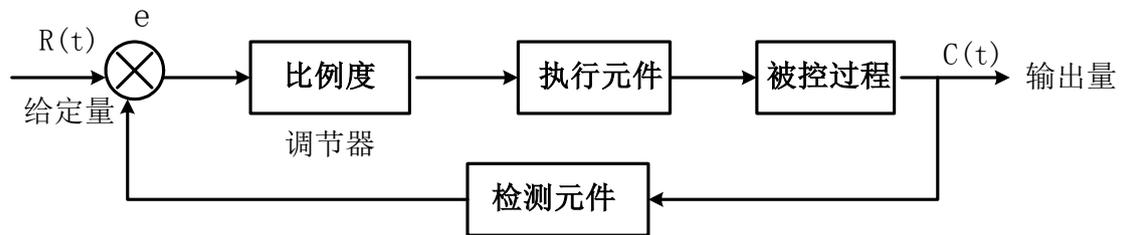
图 6-5、具有周期  $T_k$  的等幅振荡

图 6-6、具有比例调节器的闭环系统

2)、使系统作等幅振荡的比例度  $\delta$  称为临界比例度, 用  $\delta k$  表示之, 相应的振荡周期就是临界振荡周期  $T_k$ 。按下表可确定 PID 调节器的三个参数  $\delta$ 、 $T_i$  和  $T_d$ 。

表十二、用临界比例度  $\delta k$  整定 PID 调节器的参数

调节器参数 调节器名称	$\delta$	$T_i$ (S)	$T_d$ (S)
P	$2 \delta k$		
PI	$2.2 \delta k$	$T_k/1.2$	
PID	$1.6 \delta k$	$0.5T_k$	$0.125T_k$

3)、必须指出, 表中给出的参数仅是对调节器参数的一个初步调整, 系统的性能仍有可能不够理想。对此, 应在这个基础上, 对参数作进一步调整。

## 五、实验报告:

- 1)、画出流量控制系统的实验线路图。
- 2)、用临界比例度法整定 P、PI 调节器的参数, 并分别列出系统在这两种调节器控制下的余差和超调量。
- 3)、作出 P 调节器控制时, 不同  $\delta$  值下的阶跃响应曲线。
- 4)、作出 PI 调节器控制时, 不同  $\delta$  和  $T_i$  值时的阶跃响应曲线。

## 六、注意事项:

- 1)、实验线路接好后, 必须经指导老师检查认可后方可接通电源。
- 2)、在老师的指导下进行实验。

**七、思考题：**

- 1)、从理论上分析调节器参数( $\delta$ 、 $T_i$ )的变化对控制过程产生什么影响？
- 2)、消除系统的余差为什么采用 PI 调节器，而不采用纯积分器？
- 3)、分析一下流量控制与液位控制在 PID 参数调节中有什么不同之处。

## 实验四、管道压力控制实验

### 一、实验目的

- 1、熟悉单回路压力控制系统的组成和工作原理。
- 2、研究系统分别用 P、PI 和 PID 调节器时的控制性能。
- 3、定性地分析 P、PI 和 PID 调节器的参数对系统性能的影响。

### 二、实验设备

过程控制实验装置、S7200PLC、MCGS 软件、计算机、实验连接线。

### 三、实验内容与步骤：

#### 1、设备的连接和检查：

首先打开从水泵到左水箱的管路中所有的阀门，打开左水箱出水阀，关闭其他管路和其他两个水箱的阀门，确保开关都在关闭状态。

#### 2、系统连线：

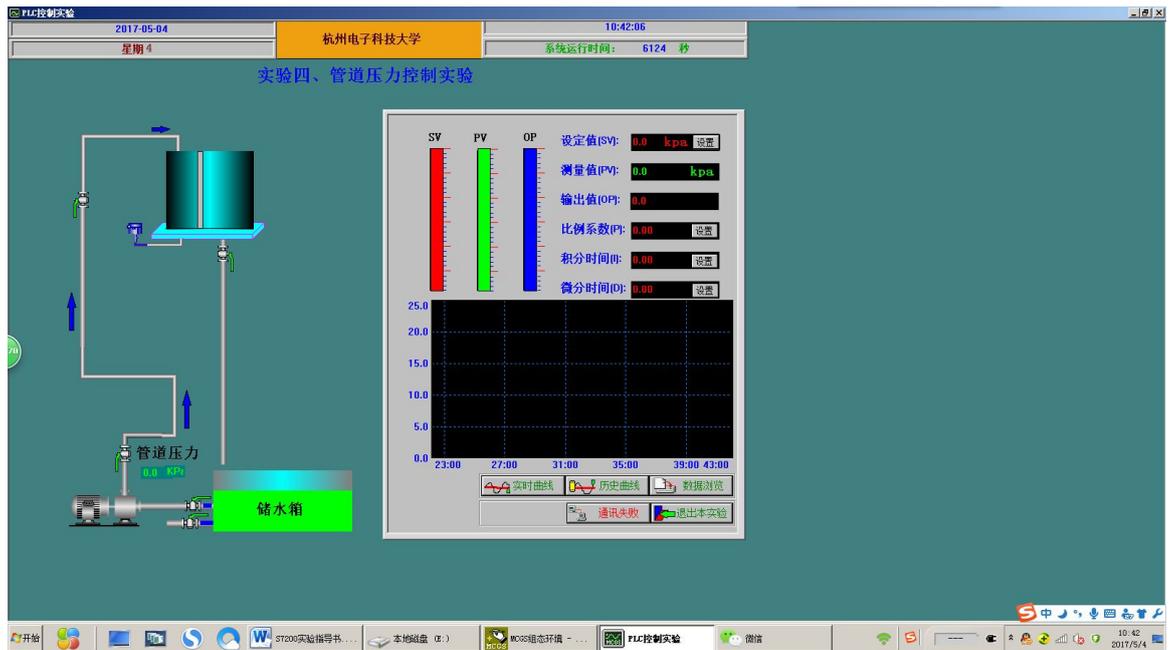
- 1)、将管道压力+（正极）接到 S7200PLC 的 AI5 的正极，管道压力+（负端）接到 S7200PLC 的 AI5 的负极。
- 2)、将 S7200PLC 的 A00 输出端的正极接至 1 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的+端（即正极），将 S7200PLC 的 A00 输出端的负极接至 1 号变频器控制信号的 4~20mA 输入端的-（即负极）。

#### 3、启动实验装置：

- 1)、打开总电源开关。
- 2)、打开 PLC 电源开关，此时 PLC 应该显示运行指示。
- 3)、打开 2 号变频器电源开关，频率控制方式打到外控，此时变频器应该显示频率数字。

#### 4、实验步骤：

1)、在老师的指导下，启动计算机，进入 MCGS 组态环境运行软件，进入相应的实验。如图所示：



实验软件界面

### (一)、比例调节器 (P) 控制

1)、启动工艺流程并开启相关仪器，在开环状态下，利用调节器的手动操作按钮把被调量管道压力调到给定值（一般把压力控制在压力量程的 50%处，参考值 60Kpa）。

2)、观察计算机显示屏上实时的响应曲线。待系统的压力趋于平衡不变后，加入阶跃信号（一般可通过改变设定值的大小来实现）。经过一段时间运行后，系统进入新的平稳状态。由记录曲线观察并记录在不同的比例 P 下系统的余差和超调量。

表九、不同值时的余差和超调量

P	大	中	小
$e_{ss}$			
$\sigma p$			

3)、记录软件中的实时曲线的过程数据作出一条完整的过渡过程曲线，记录表格自拟。

### (二)、比例积分调节器 (PI) 控制

1)、在比例调节控制实验的基础上，加上积分作用“I”，即把“I”（积分）设置为一参数，根据不同的情况，设置不同的大小。观察被控制量能否回

到原设定值的位置，以验证系统在 PI 调节器控制下，系统的阶跃扰动无余差产生。

2)、固定比例 P 值 (中等大小)，然后改变调节器的积分时间常数 I 值，观察加入阶跃扰动后被调量的输出波形，并记录不同 I 值时的超调量  $\sigma_p$ 。

表十、不同  $T_i$  值时的超调量  $\sigma_p$

积分时间常数 I	大	中	小
超调量 $\sigma_p$			

3)、固定 I 于某一中等大小的值，然后改变比例 P 的大小，观察加阶跃扰动后被调量的动态波形，并列表记录不同值的超调量。

表十一、不同 P 值下的超调量  $\sigma_p$

比例 P	大	中	小
超调量 $\sigma_p$			

4)、选择合适的 P 和 I 值，使系统对阶跃输入 (包括阶跃扰动) 的输出响应为一条较满意的过渡过程曲线。此曲线可通过改变设定值 (如把设定值由 50% 变为 60%) 来获得。

### (三)、用临界比例度法整定调节器的参数

在实际应用中，PID 调节器的参数常用下述实验的方法来确定，具体的做法是：

1)、待系统稳定后，逐步减小调节器的比例度  $\delta$ ，并且每当减小一次比例度，待被调量回复到平衡状态后，再手动给系统施加一个 5%~15% 的阶跃扰动，然后观察被调量变化的动态过程。若被调量为衰减的振荡曲线，则应继续减小比例度  $\delta$ ，直到输出响应曲线呈等幅振荡为止，如果响应曲线出现发散，则表示比例度调得过小，应适当增大，使被调量变为等幅振荡。如图 6-5 所示。

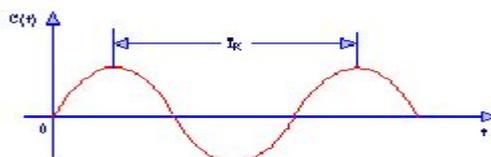


图 6-5、具有周期  $T_K$  的等幅振荡

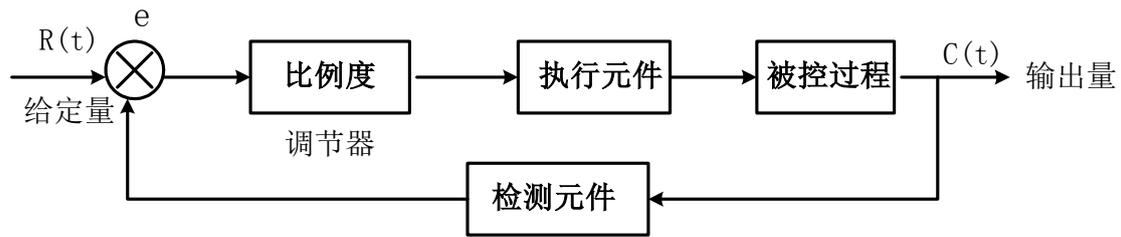


图 6-6、具有比例调节器的闭环系统

2)、使系统作等幅振荡的比例度  $\delta$  称为临界比例度, 用  $\delta k$  表示之, 相应的振荡周期就是临界振荡周期  $T_k$ 。按下表可确定 PID 调节器的三个参数  $\delta$ 、 $T_i$  和  $T_d$ 。

表十二、用临界比例度  $\delta k$  整定 PID 调节器的参数

调节器参数 调节器名称	$\delta$	$T_i$ (S)	$T_d$ (S)
P	$2 \delta k$		
PI	$2.2 \delta k$	$T_k/1.2$	
PID	$1.6 \delta k$	$0.5T_k$	$0.125T_k$

3)、必须指出, 表中给出的参数仅是对调节器参数的一个初步调整, 系统的性能仍有可能不够理想。对此, 应在这个基础上, 对参数作进一步调整。

## 五、实验报告:

1)、画出管道压力控制系统的实验线路图。

2)、用临界比例度法整定 P、PI 调节器的参数, 并分别列出系统在这两种调节器控制下的余差和超调量。

3)、作出 P 调节器控制时, 不同  $\delta$  值下的阶跃响应曲线。

4)、作出 PI 调节器控制时, 不同  $\delta$  和  $T_i$  值时的阶跃响应曲线。

## 六、注意事项:

1)、实验线路接好后, 必须经指导老师检查认可后方可接通电源。

2)、在老师的指导下进行实验。

## 七、思考题:

1)、从理论上分析调节器参数 ( $\delta$ 、 $T_i$ ) 的变化对控制过程产生什么影响?

2)、消除系统的余差为什么采用 PI 调节器, 而不采用纯积分器?

3)、分析管道压力控制与液位控制及流量控制的 PID 参数调节有什么不同之处。