计算机控制系统课程

实验指导书

目　　录

概　述 ……2
第一章 硬件设备的介绍……3
第一节 水箱……3
第二节 微型锅炉、纯滞后系统、热电阻……3
第三节 液位传感器、变送器……4
第四节 电动调节阀……5
第五节 M440 变频器……5
第六节 水泵……5
第七节 流量传感器、转换器……5
第八节 交流固体继电器……5
第九节 PLC-S7-300 模块……6

第一部分 远程数据采集模块
一、单回路实验……7
实验一 压力单回路实验……8
实验二 液位单回路实验……14
实验三 流量单回路实验……17
实验四 温度单回路实验……20

二、串级控制实验……24
实验一 串级控制系统的设计与整定. ……24
实验二 中水箱液位和流量串级系统实验……26

第二部分 FCS 控制系统部分

第一章 单回路控制系统实验……30
实验一 压力单闭环实验……30
实验二 锅炉内胆水温 PID 控制实验……33
实验三 上水箱液位 PID 整定实验……36
实验四 单闭环流量 PID 实验……38

第二章 串级控制系统实验……40
实验一 上水箱液位和流量组成串级实验……43

附录 PCT-FCS 软件操作说明及其 PID 参数……46

第三部分 DCS 控制系统部分

实验一 压力单闭环实验……55
实验二 温度单闭环实验……59
实验三 液位单闭环实验……62
实验四 流量单闭环实验……65

附录 DCS 软件使用说明 ……68
特别注意事项：

严禁在模块通电的情况下，用数据线将模块与计算机串口进行连接。否则，将会造成模块串口、计算机串口的烧毁。

概　　述

自本世纪 30 年代以来，自动化技术获得了惊人的成就，已在工业和国民经济各行各业起着关键的作用。自动化水平已成为衡量各行各业现代化水平的一个重要标志。

自动控制按输入量的变化规律分类，可分恒值控制系统（Fixed Set-Point Control System）、随动控制系统（ follow Control System）、过程控制系统（Process Control System）。

过程控制通常是指石油、化工、电力、冶金、轻工、建材、核能等工业生产中连续的或按一定周期程序进行的生产过程自动控制，它是自动化技术的重要组成部分。在现代化工业生产过程中，过程控制技术正在为实现各种最优的技术经济指标、提高经济效益和劳动生产率、改善劳动条件、保护生态环境等方面起着越来越大的作用。

在当今高教改革中，越来越多的教师认识到素质教育的重要性，但各高校的教学中理论和实践严重脱节，基于这一现象，并征求广大教师的意见，我公司设计开发了 PCT—I 型过程控制实验系统装置，在 I 型系统基础之上，并争取各大专院校专家领导的建议，我公司又新开发出 PCT-FCS 型过程控制系统实验装置。PCT-FCS 型过程控制系统装置集 I 型之优点，并增加了变比值控制，Simth 控制，温度和流量解耦控制等一些复杂实验。

装置特点:

1、 装置由控制对象、控制柜、计算机三部分组成，对象构布局合理，造型美观大方。
2、 真实性、直观性、综合性强，控制对象元件全部来源于工业现场。
3、 参数全面，涵盖了液位、流量、压力、温度等典型参数。
4、 PCT-FCS 过程控制实验装置具有控制参数和控制方案的多样化。该装置可通过对其管路上的阀门切换，可构成数十种过程控制实验。
5、 在 PCT-FCS 过程控制实验装置中充分考虑了大专院校，高等职业技术学院工业自动化专业的大纲要求，完全能满足教学实验、课程设计、毕业设计的需要，同时学生可自行设计实验方案，进行综合性、创造性过程控制系统实验的设计、调试、分析，培养学生的独立操作、独立分析问题和解决问题的能力。

学生在本实验装置进行综合实验后，可掌握下列内容：

1、 测定控制对象特性的方法。
2、 自动化仪表的初步使用。
3、 变频器的基本工作原理和初步使用。
4、 单回路控制系统的参数整定。
5、 复杂控制回路系统的参数整定。
6、 控制参数对控制系统品质指标的影响。
7、 控制系统的设计、计算、分析、接线、投运等综合能力。

实验的基本程序：

1、 明确实验任务；
2、 提出实验方案；
3、 画实验接线图；

4、 进行实验操作，作好观测和记录；

5、 整理实验数据，得出结论，撰写实验报告。

在进行本书中的综合实验时，上述程序应尽量让学生独立完成，教师给予必要的指导，以培养学生的实验能力。要做好各主题实验，就应做到：实验前有准备；实验中有条理；实验后有分析。

第一章　　硬件设备的介绍

PCT-FCS 型过程控制实验装置是基于工业过程物理模拟对象，它集自动化仪表技术，计算机技术，通讯技术，自动控制技术为一体的多功能实验装置。系统包括流量、温度、液位、压力等热工参数，可实现系统参数辨识、单回路控制、串级控制、前馈控制、比值控制等多种控制形式。本装置还可根据用户的需要设计构成 DDC、DCS、PLC、TCS 等多种控制系统。该实验装置既可作为本科、专科、高职过程控制课程的实验装置，也可作为研究生及科研人员在复杂控制系统、先进控制系统研究方面提供物理模拟对象和实现手段。

第一节　水箱

实验装置由被控对象和控制柜两部分组成。其中被控对象包括：上位水箱、下位水箱、储水箱。上位水箱和下位水箱采用进口有机玻璃，不但坚实耐用，而且透明度高，便于学生直接观察液位的变化和记录实验结果。水箱容积大，使实验效果更为理想。水箱结构独特，储水箱是采用不锈钢板制成，有效提高实验装置的使用寿命。其容积 180 升，完全能满足上下水箱的实验的需要。储水箱上面有一个金属滤网，有效防止异物进入水箱堵塞管道。整个系统管道采用铝塑管组成，所有的水阀采用优质球阀，彻底避免了系统生锈的可能性，有效提高了使用装置的使用年限。其中储水箱后面有一个小的球阀，当水箱需要更换水时，将水泵打开便将水直接排出；当水泵打开但没水抽出时，将球阀打开，空气放掉，就可以抽出水。

第二节　　微型锅炉、纯滞后系统、热电阻

本装置采用微型锅炉进行温度实验，此锅炉采用不锈钢精制而成，设计巧妙、共有三层：加热层、冷却层、溢流层。其中纯滞后盘管盘在溢流层之外。如下图 1.1

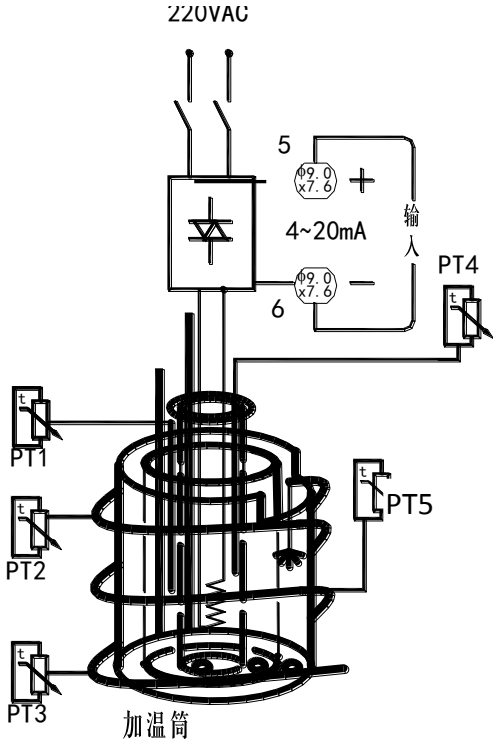


图 1.1　微型锅炉

做温度单回路实验时，冷却层的循环水可以使加热层的热量快速散发，使加热层的温度快速下降。冷却层和加热层都有温度传感器检测其温度。冷却层和加热层可以做温度和流量的解耦控制实验。

长达 20 米的盘管可做温度纯滞后实验，在盘管上有三个不同的温度检测点，它们的滞后时间常数不同，在实验过程中根据不同的实验需要选择不同的滞后时间常数。加热层、冷却层和盘管出来的水最后全部排到溢流层，然后直接排到储水箱中。

检测水温的传感器是 CU50，在此共有 5 个温度传感器，如图 1.1，本装置采用三线制 Cu50 或 PT100,经过调节器的温度变送器,可将温度信号转换成 4～20mADC 电流信号，便于计算机采集，Cu50\ PT100 传感器精度高，热补偿性好。

第三节　液位传感器、变送器

液位传感器用来对上位水箱和下位水箱的液位进行检测，采用工业用的扩散硅压力变送器，不锈钢隔离膜片，本变送器按标准的二线制传输，采用高品质、低功耗精密器件，稳定性、可靠性大大提高。零点、量程正负迁移可调，操作方便，且互不影响。采用信号剥离技术，对传感温度漂移跟随补偿。可方便地与其它 DDZ--Ⅲ型仪表互换配置，并能直接替换进口同类仪表。校验的方法是通电预热 15 分钟后，分别在零压力和满程压力下检查输出电流值。在零压力下调整零电位器，使输出电流为 4mA，在满量程压力下调整量程电位器，使输出电流为 20mA。本传感器精度为 0.5 级，因为为二线制，故工作时需串 24V 直流电源。液位变送器测试结果：

压力变送器测试结果

输入液位（KPa）	标称值（mA）	实测值（mA）	误差值（mA）
0	4.000	4.007	+0.007

25	8.000	8.015	+0.015
50	12.000	12.020	+0.020
75	16.000	16.017	+0.017
100	20.000	19.996	-0.004

第四节　电动调节阀

电动调节阀对控制回路流量进行调节。采用智能汽动调节阀，具有精度高、技术先进、体积小、重量轻、推动力大、功能强、控制单元与汽动执行机构一体化，可靠性高、操作方便，并可与计算机配套使用，组成最佳调节回路。执行机构直接接受 4～ 2 0 mADC 或 1～ 5 V控制信号。ZDS 系列的阀门采用柔性弹簧连接，可预置阀门关断力，保证阀门的可靠关断，防止泄露。驱动电机采用高性能稀土磁性材料制造的同步电机，运行平稳，体积小，力矩大，抗堵转，控制精度高。因此本调节阀具有性能稳定可靠，控制精度高，使用寿命长等优点。

技术指标:

电源：220VAC　50HZ　　功耗：　5VA

输入信号：4～20mADC　　输入阻抗：　100Ω（4～2 0 mADC）

环境温度: —20℃～＋70℃　重复精度：±1%

第五节　M440 变频器

PCT-FCS 过程控制实验装置变频器采用 SIEMENS M440 ，通过 PROFIBUS DP 通讯，当手动控制时参数 P700、P1000 设置为 2，当通过 DP 总线控制时参数 P700、P1000 设置为 6。

第六节　水泵

本装置采用上海凯士水泵。噪音非常低，不会影响教师授课。使用寿命长，减少使用的麻烦。扬程高达 10 米，完全能满足实验的需要。如果上电后虽然水泵转动，但抽不出水，打开水箱后面的球阀将水泵中的空气放掉。详细请参见水泵说明书。

第七节　流量传感器、转换器

流量传感器用来对汽动调节阀的主流量和干扰回路的干扰流量进行检测。本实验台采用西门子电磁流量传感器和电磁流量转换器。PROFIBUS 总线信号输出。本实验台中用了两套传感器、转换器。如转换器波动很大，说明管到中有空气，处理方法是将空气排除。具体请参见流量计和转换计使用说明书。

第八节　交流固体继电器

采用可控硅移相触发单元，输入控制信号为 4～20mA 标准电流信号，其移相触发角与输入控制电流成正比。输出交流电压来控制加热器的端电压，从而控制锅炉的温度。输入 4mA 电流时，加热器端电压为 0V，输入 20mA 电流时，加热器端电压为 220V。

第九节　PLC-S7-300 模块

本装置在计算机控制和通讯上采用西门子模块。主机是 S7-300 系列选用 S7-315-2PN/DP；通讯采用以太网通讯，速度为 9.2K～12MBPS。

334 是四输入二输出模块，4 通道模拟输入模块。电流输出：4～20 mA，0～20 mA；电压输出：+/-10V，精度 8Bit。

331 是输入模块，8 通道模拟输入模块。模拟输入：mV　mA ；输入范围：+/- 10V，+/- 20 mA。

模块 单回路控制系统实验

单回路控制系统又称简单控制系统,它由被控对象、传感器、变送器、控制器和执行器组成一个闭合回路，也称反馈控制系统。

单回路控制系统是最简单、基本的一种控制系统，它适用于被控对象滞后时间比较小、负荷和干扰变化不大、控制质量要求不很高的场合。单回路控制系统的设计和参数整定方法是各类复杂控制系统设计和整定的基础。

在实验中应注意的问题：

1．测试前系统处于正常的工作状态（平衡状态），反应曲线的初始点应是输入信号的开始作阶跃信号的瞬间，这一段时间必须在记录纸上标出，以便推算纯滞后时间τ。测试与记录工作必须持续到输出参数达到新的稳态值。

2．在阶跃反应的曲线中，必须注意工作点与阶跃幅值的选取。

3．每次实验应在相同的条件下进行两次以上。只有在所测试数据相同时方为合格。

4．为了进行线性校验，可作正、负种两干扰进行比较，也可作不同扰动量的实验。

实验一　压力单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路流量、单容液位、双容液位和温度控制系统，掌握用阶跃响应曲线法来实验辨识控制系统数学模型的特性参数 τ 、T_0、K_0，采用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的自整定和自动控制的投运。

（说明：根据具体情况，该可选配置实验可能未包含在您采购的设备中。）

二、实验设备：

水泵、变频器、压力变送器、主回路调节阀、牛顿模块（输入、输出）。

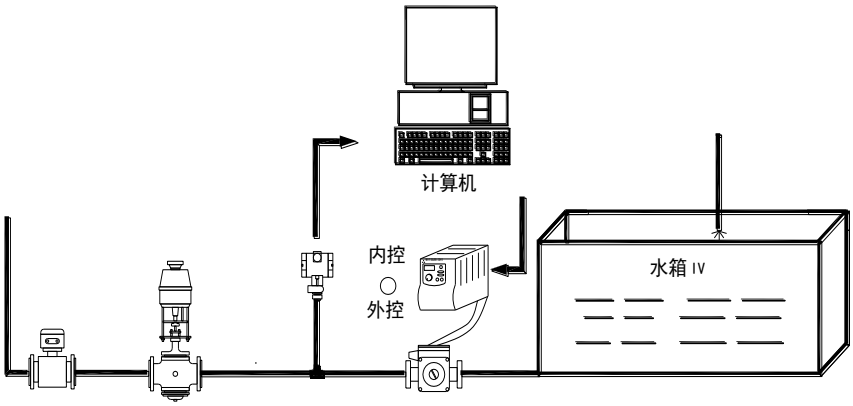


图 1－1 压力单闭环路程图

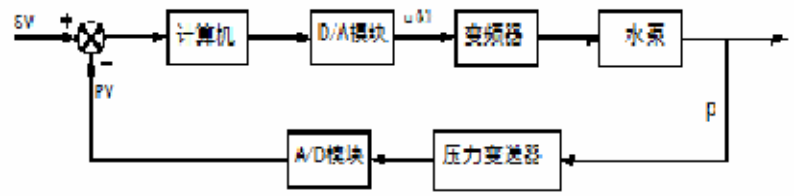


图 1－2 压力单闭环实验（计算机控制）框图

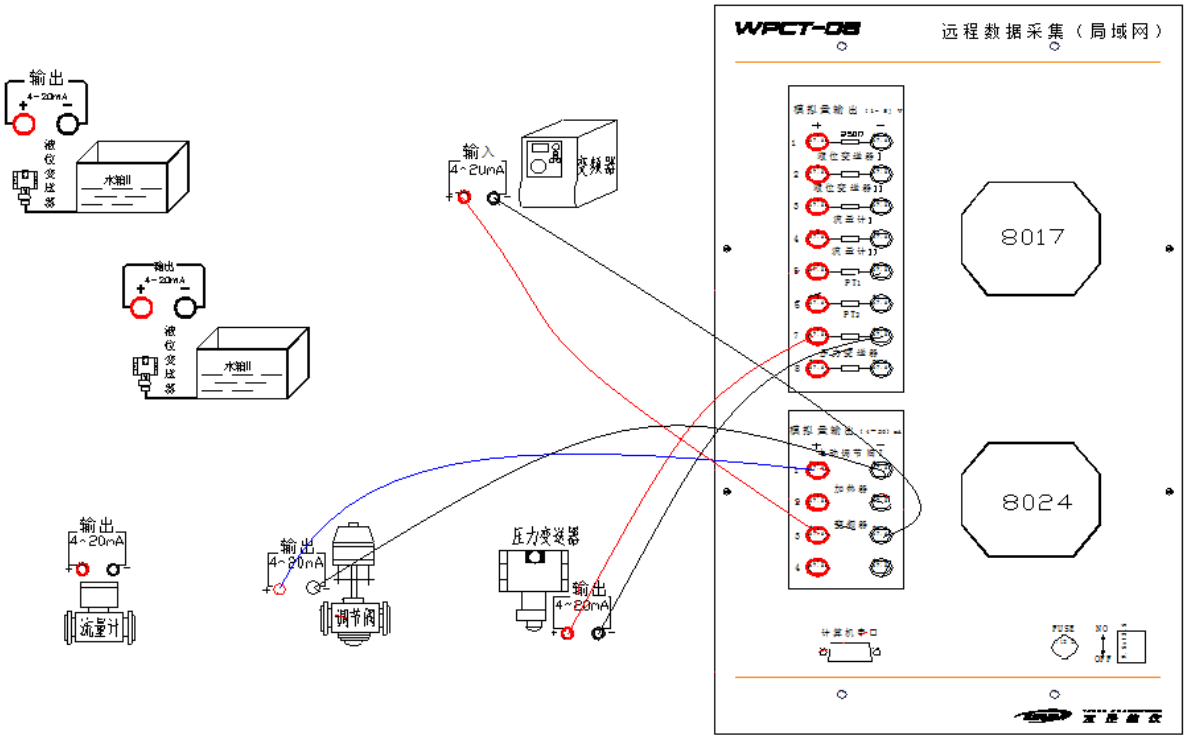


图 1—3 实验接线图

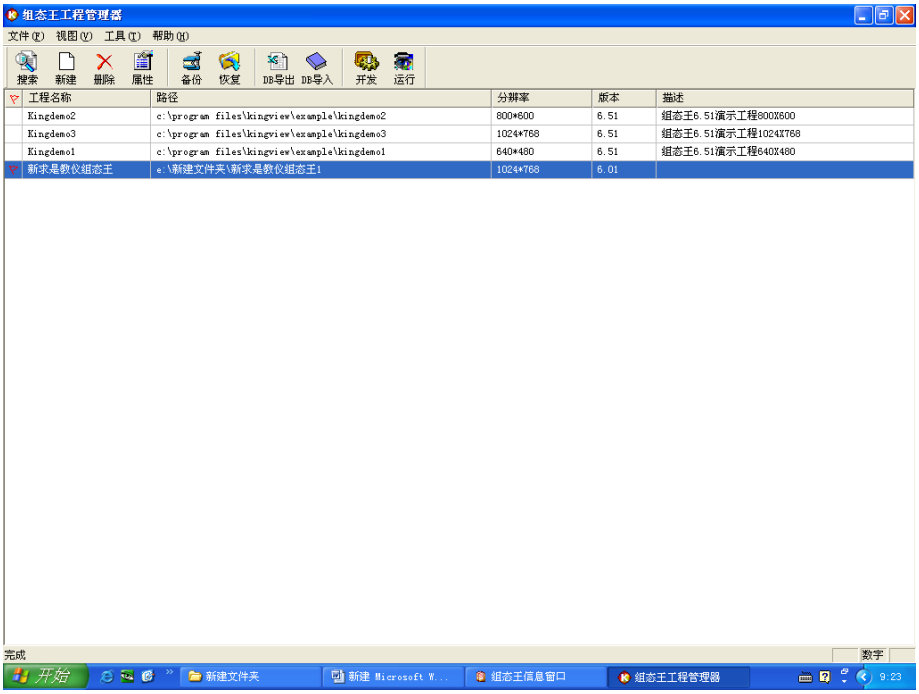
三、实验步骤：

阶跃反应曲线法

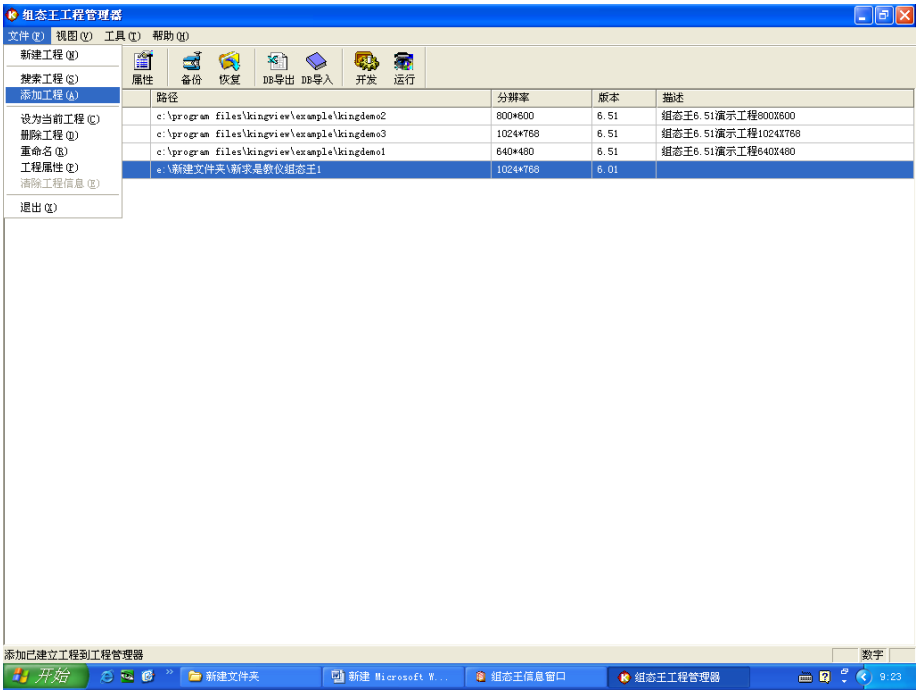
1、将压力单闭环实验所用的设备，参照流程图和系统框图接好实验线路。

2、接通总电源，各仪表电源。

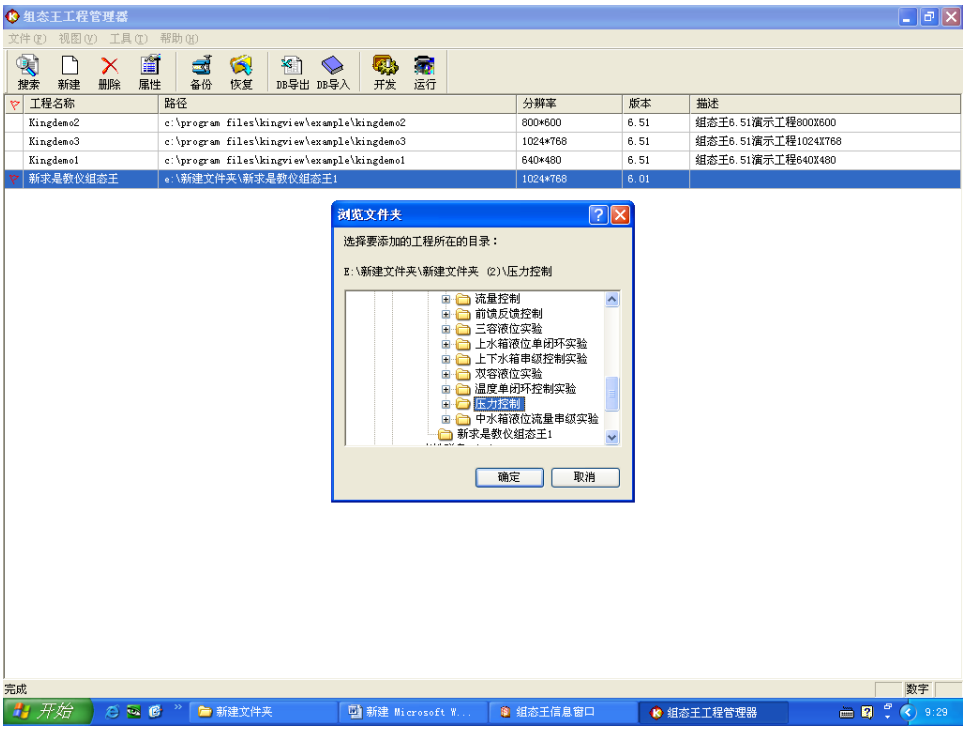
3、双击桌面上的组态王 6.51 图标，出现如下：



点击文件下的添加工程

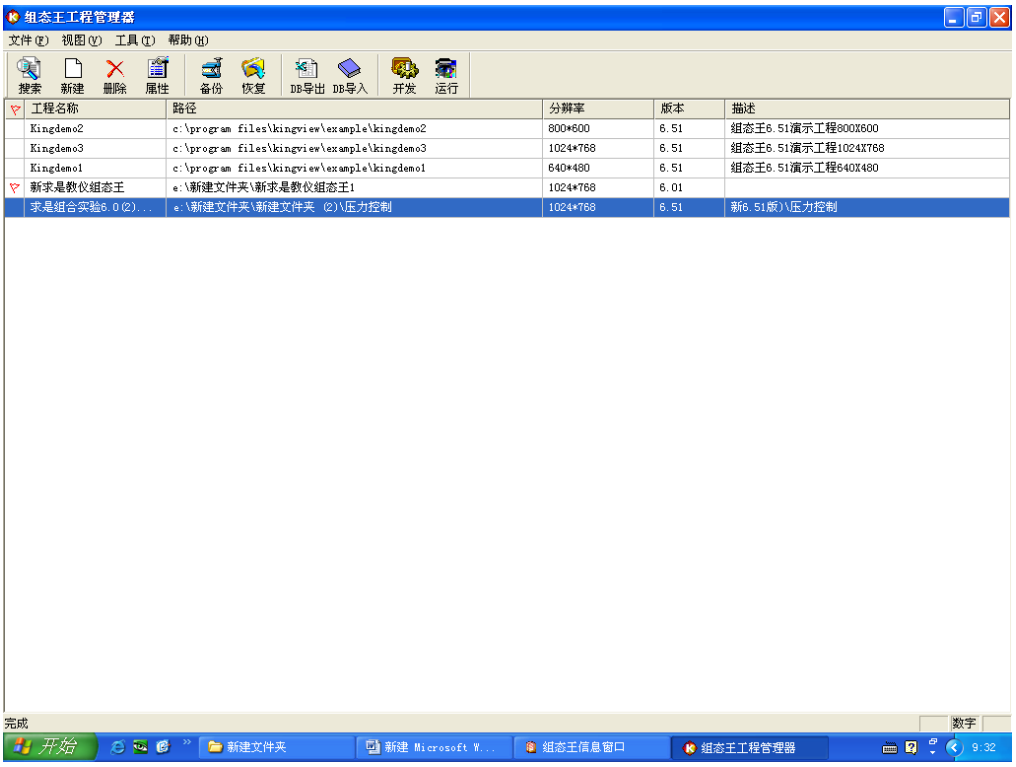


找到所要做实验工程（如压力控制）所在地址并添加，点确定



如下图所示，表示已经添加进了（压力控制）

双击该工程并点忽略 然后点确定



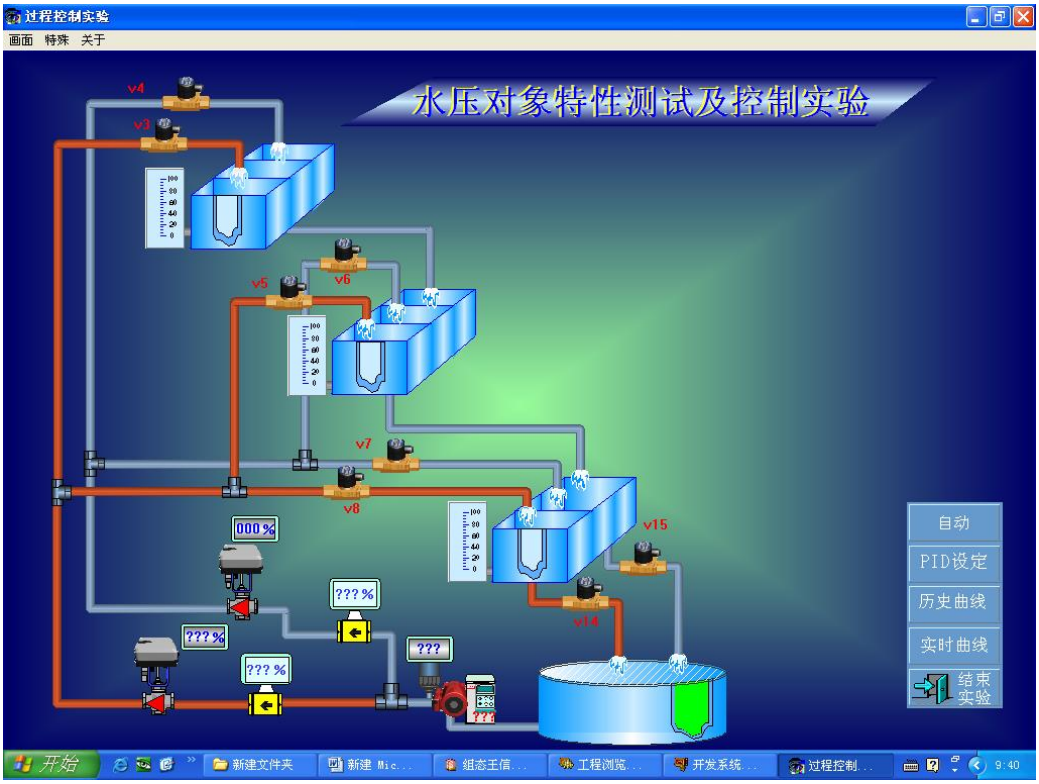


在空白地方点击鼠标右键 再点切换到 View

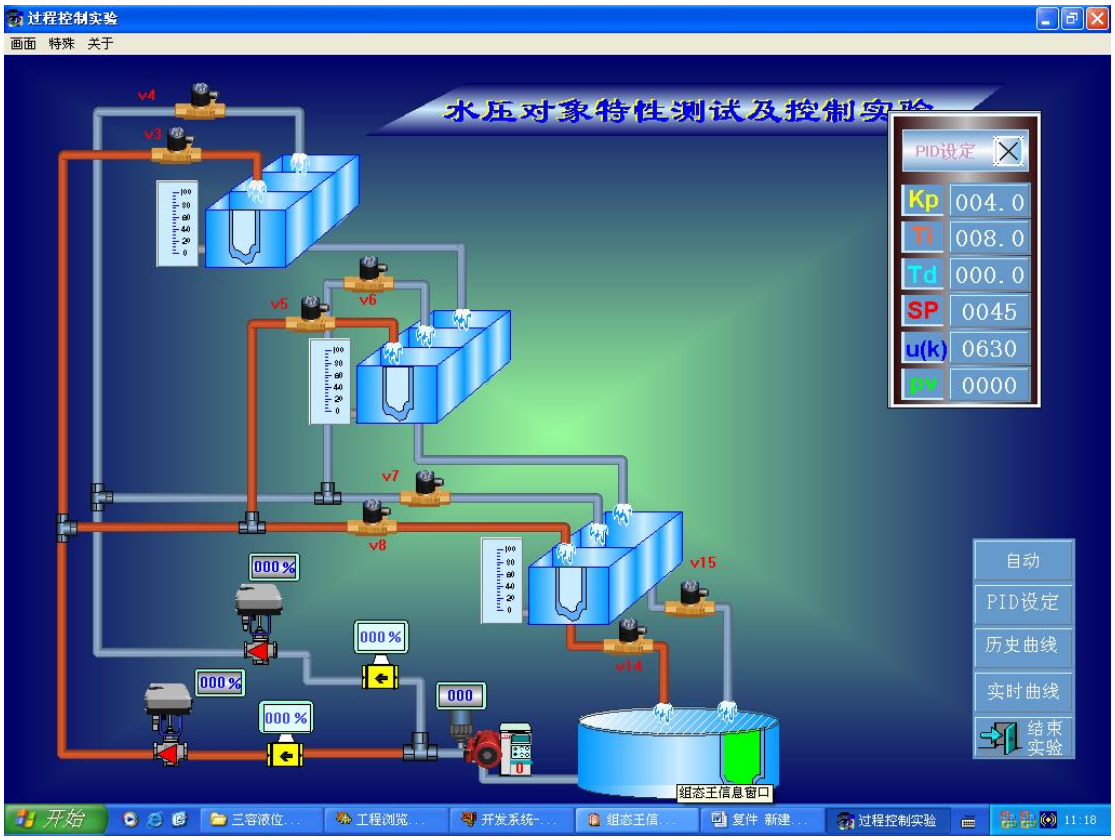


点忽略进入实验选择

点击实验选择进入运行界面，并将自动/手动切换为自动。



点击 PID 设定，采用试凑法，经验整定法整定合适的 PID 值使之达到稳定。



四、计算机控制的参数设置：

参数名	参数值	说明
K_P	4	比例增益
T_I	8	积分时间（秒）
T_D	0	微分时间（秒）
SP		设定值
U（k）		输出值（0~1000）
PV		过程值

需要设置的参数和其他参数如上所示。

注：压力实验是所有实验的前提，在做后面实验时，所有前提都是恒压供水。

采用试凑法整定参数时，可参照实验曲线来进行。如发现超调量过大或进入等幅震荡时，可适当减小比例系数 P，如反应速度很慢或调整时间很长时可适当减小积分时间 I。

五、试验报告：

根据试验结果编写实验报告，并根据 K、T、 τ 平均值写出广义的传递函数。

实验二　液位单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路单容液位，并采用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

（说明：根据具体情况，该可选配置实验可能未包含在您采购的设备中。）

二、实验设备：

水泵、变频器、压力变送器、主回路调节阀、上水箱、上水箱液位变送器、牛顿模块（输入、输出）。

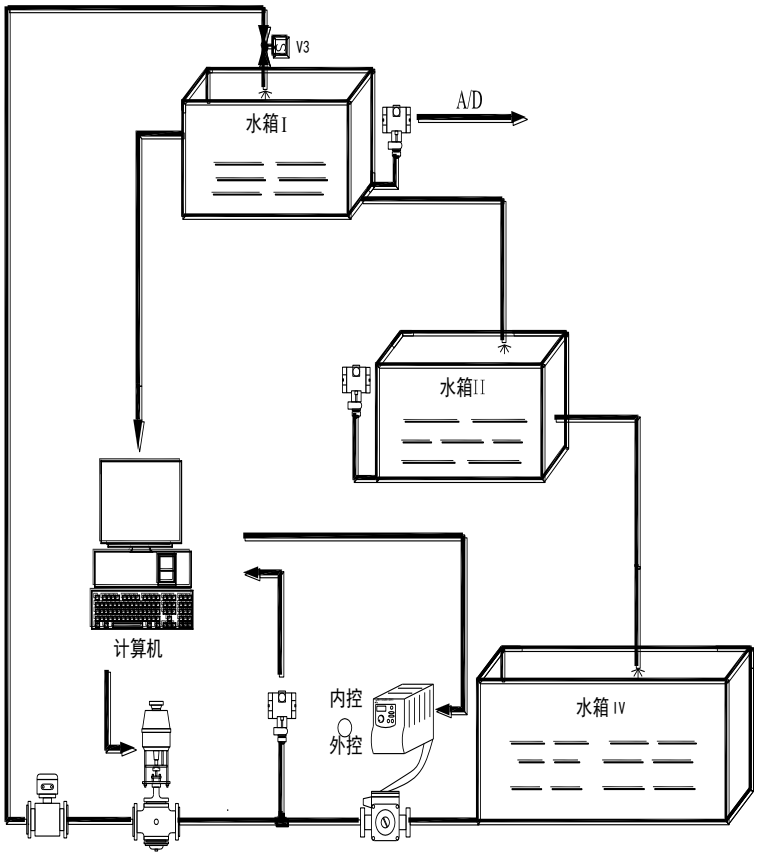


图 1－4 上水箱单闭环实验流程

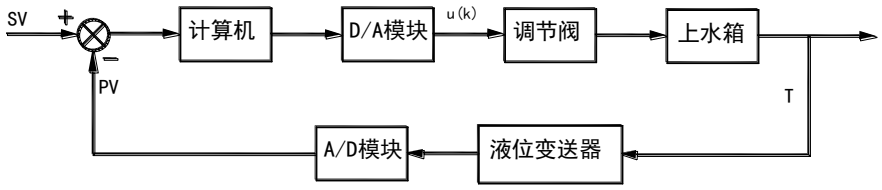


图 1—5 上水箱液位闭环实验（计算机控制）框图

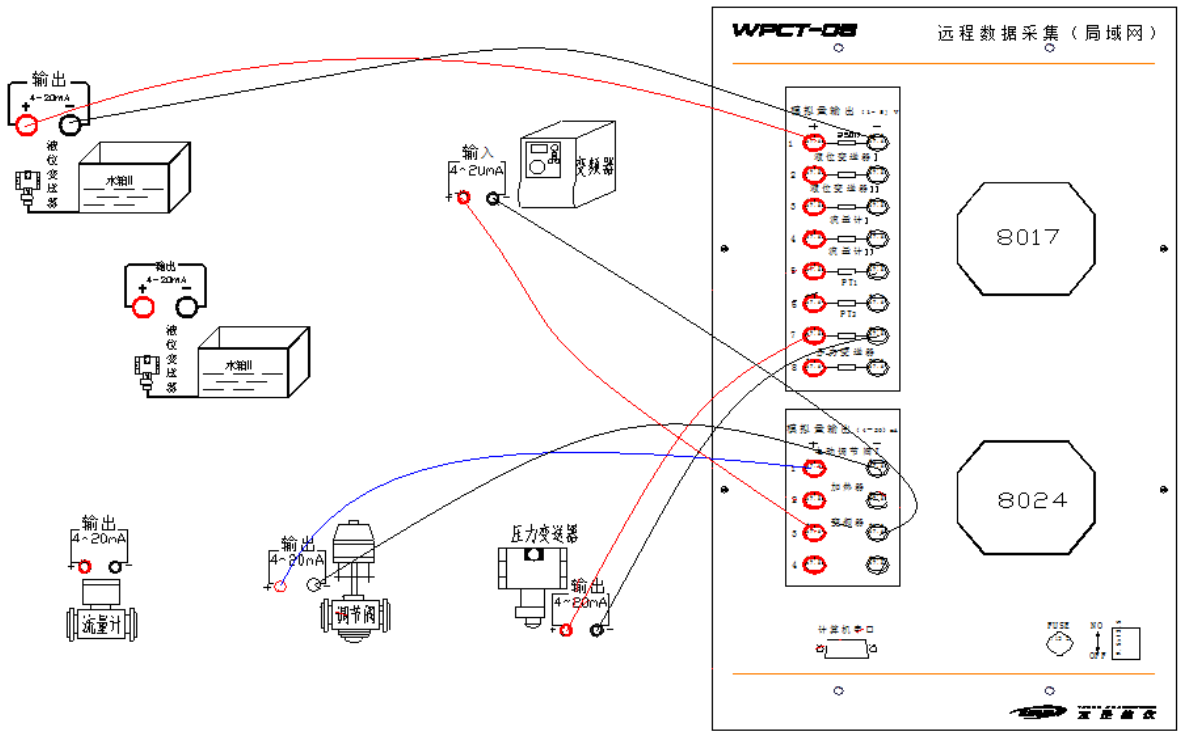
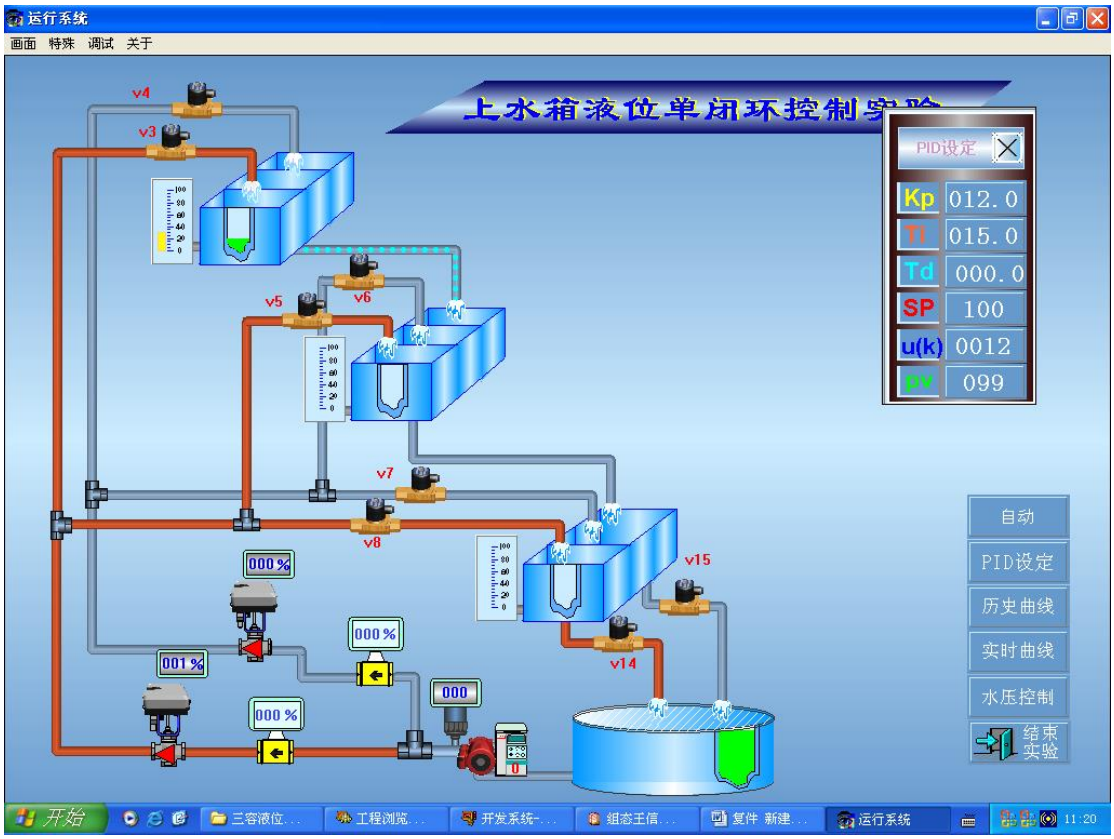


图 1—6 实验接线图

三．实验步骤

1．将液位单闭环实验所用的设备，按接线图接好。

2．接通总电源，各仪表电源，按照压力单闭环实验组态王的运行方法运行组态王液位单闭环实验如图，并打开上水箱进水阀 V3。



3．使水泵在恒压供水状态下工作。观察计算机上液位曲线的变化，并采用经验整定法整定参数。

4．等系统稳定后，给定加个阶约信号，观察其液位变化曲线。

5．再等系统稳定后，给系统加个干扰信号，观察液位变化曲线。

四、计算机控制的参数设置：

需要设置的参数和其他参数如下所示。

参数名	参数值	说明
K_P	8	比例增益
T_I	120	积分时间（秒）
T_D	0	微分时间（秒）
SP		设定值
u（k）		输出值（0~1000）
PV		过程值

五、试验报告：

根据试验结果编写实验报告，并根据 K、T、τ 平均值写出广义的传递函数。

实验三　流量单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路流量控制系统，并应用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和控制。

（说明：根据具体情况，该可选配置实验可能未包含在您采购的设备中。）

二、实验设备：

水泵、压力变送器、变频器、主回路调节阀、主回路流量计、主回路流量变送器、牛顿模块（输入、输出）。

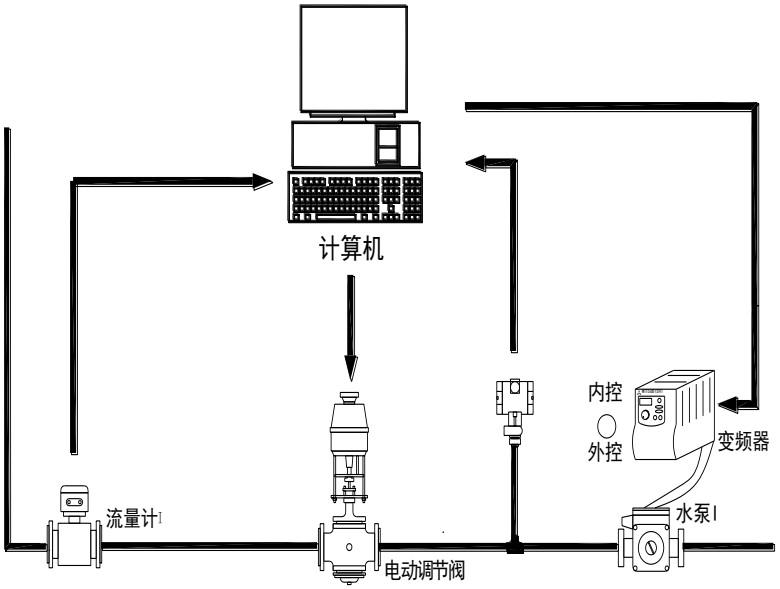


图 1—7 流量控制流程图

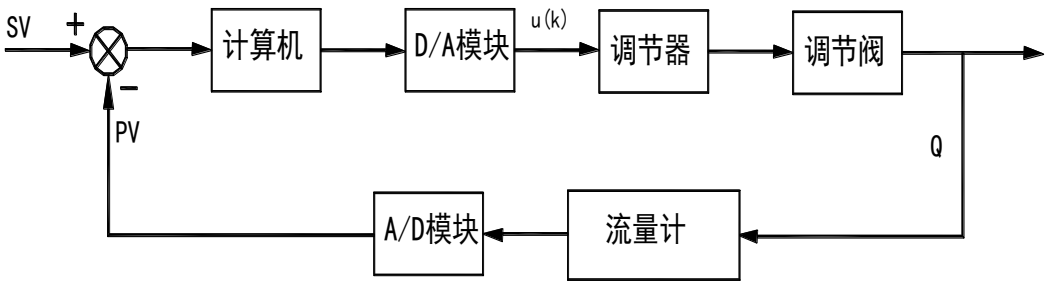


图 1—8 调节阀流量特控制实验（计算机控制）框图

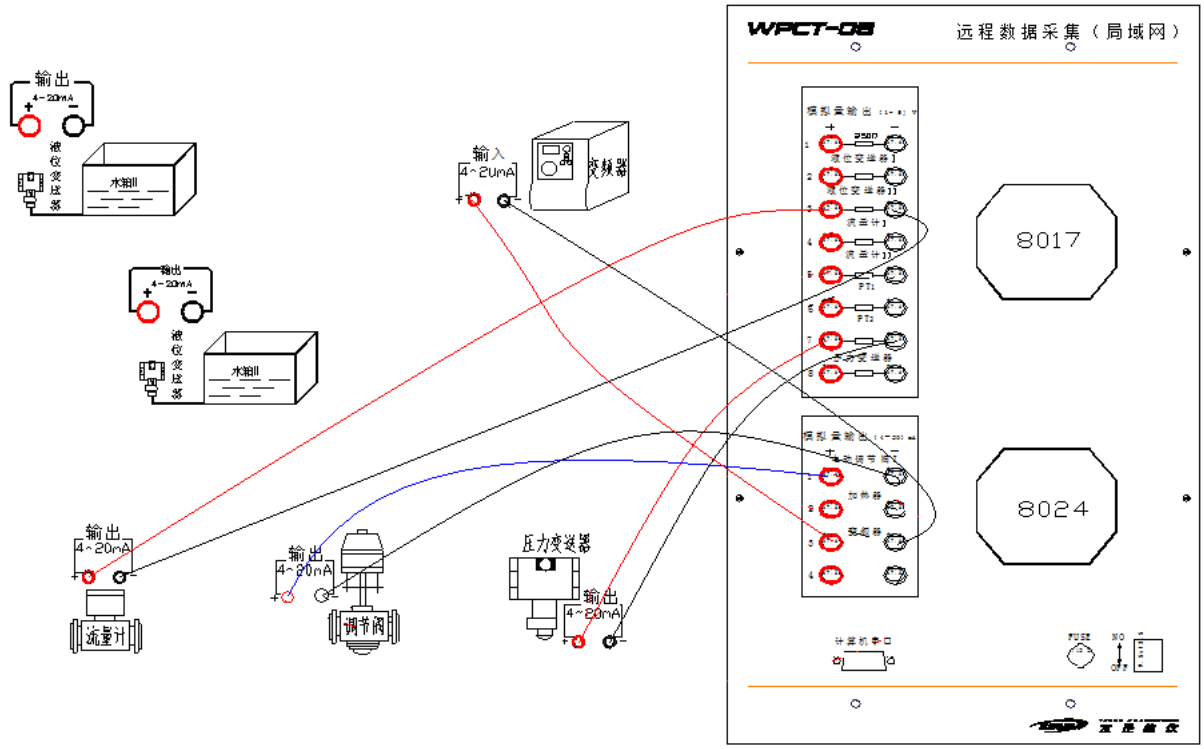
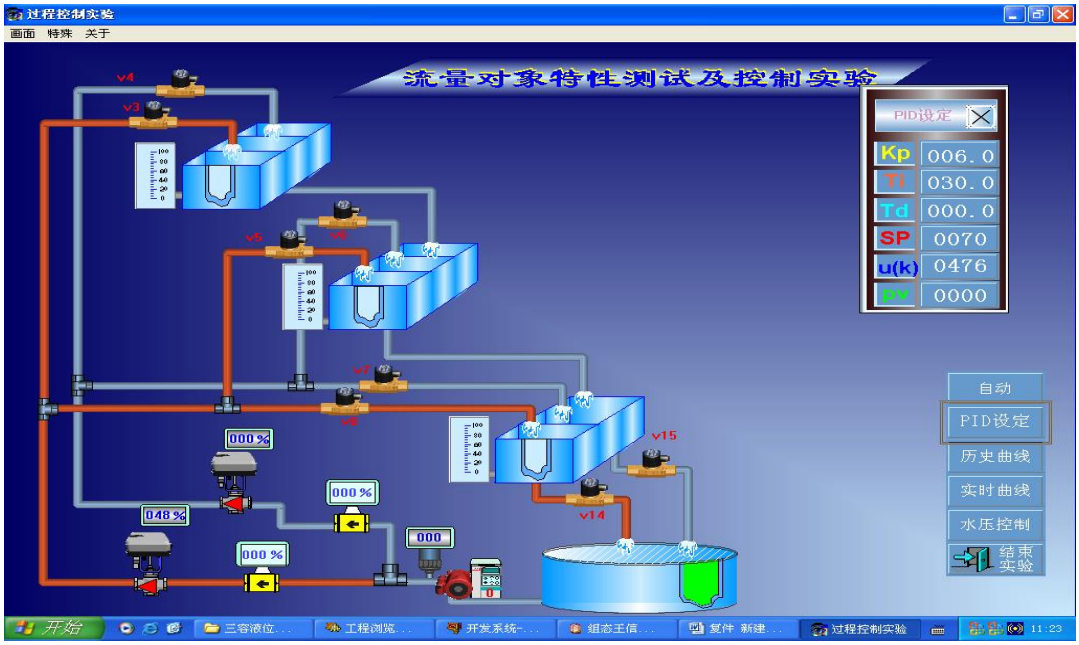


图 1—9 调节阀流量特控制实验接线图

三．实验步骤

1．将流量单闭环实验所用的设备，按接线图接好。

2．接通总电源，各仪表电源，运行组态王流量控制实验如图，并打开上水箱进水阀 V3。



3．使水泵在恒压供水状态下工作。观察计算机上流量曲线的变化，并采用经验整定法整定参数。

4．等系统稳定后，给定加个阶约信号，观察其流量变化曲线。

四、计算机控制的参数设置:

参数名	参数值	说明
K_P	5	比例增益
T_I	50	积分时间（秒）
T_D	0	微分时间（秒）
SP		设定值
u（k）		输出值（0~1000）
PV		过程值

需要设置的参数和其他参数如上所示。

注：循环水从水槽经底部水管由水泵抽出流过调节阀Ⅰ，流量计Ⅰ，电磁阀 V3 到达上水箱缓冲槽，再由缓冲槽溢出到工作区（上水箱的液位由液位变送器检测送给计算机）。工作区的水最后经中水箱，下水箱回到水槽。

五、试验报告:

根据试验结果编写实验报告，并根据 K、T、τ 平均值写出广义的传递函数。

实验四　温度单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路温度控制系统，并应用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

（说明：根据具体情况，该可选配置实验可能未包含在您采购的设备中。）

二、实验设备：

水泵Ⅰ、变频器、压力变送器、主回路调节阀、副回路调节阀、可控硅、热电阻、温度变送器、牛顿模块（输入、输出）。

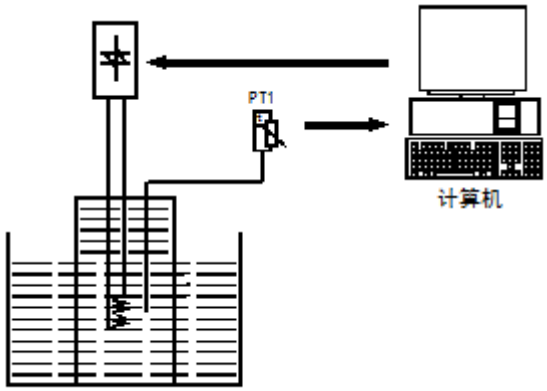


图 1－10 温度单闭环流程图

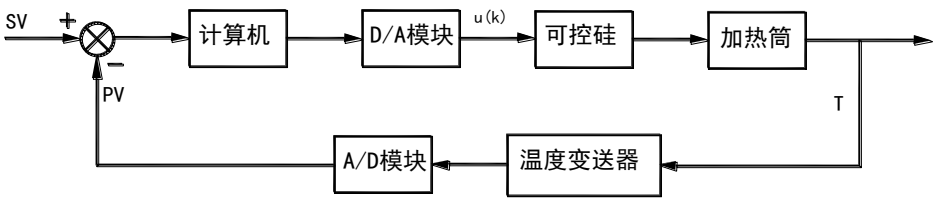


图 1－11 温度单闭环实验（计算机控制）框图

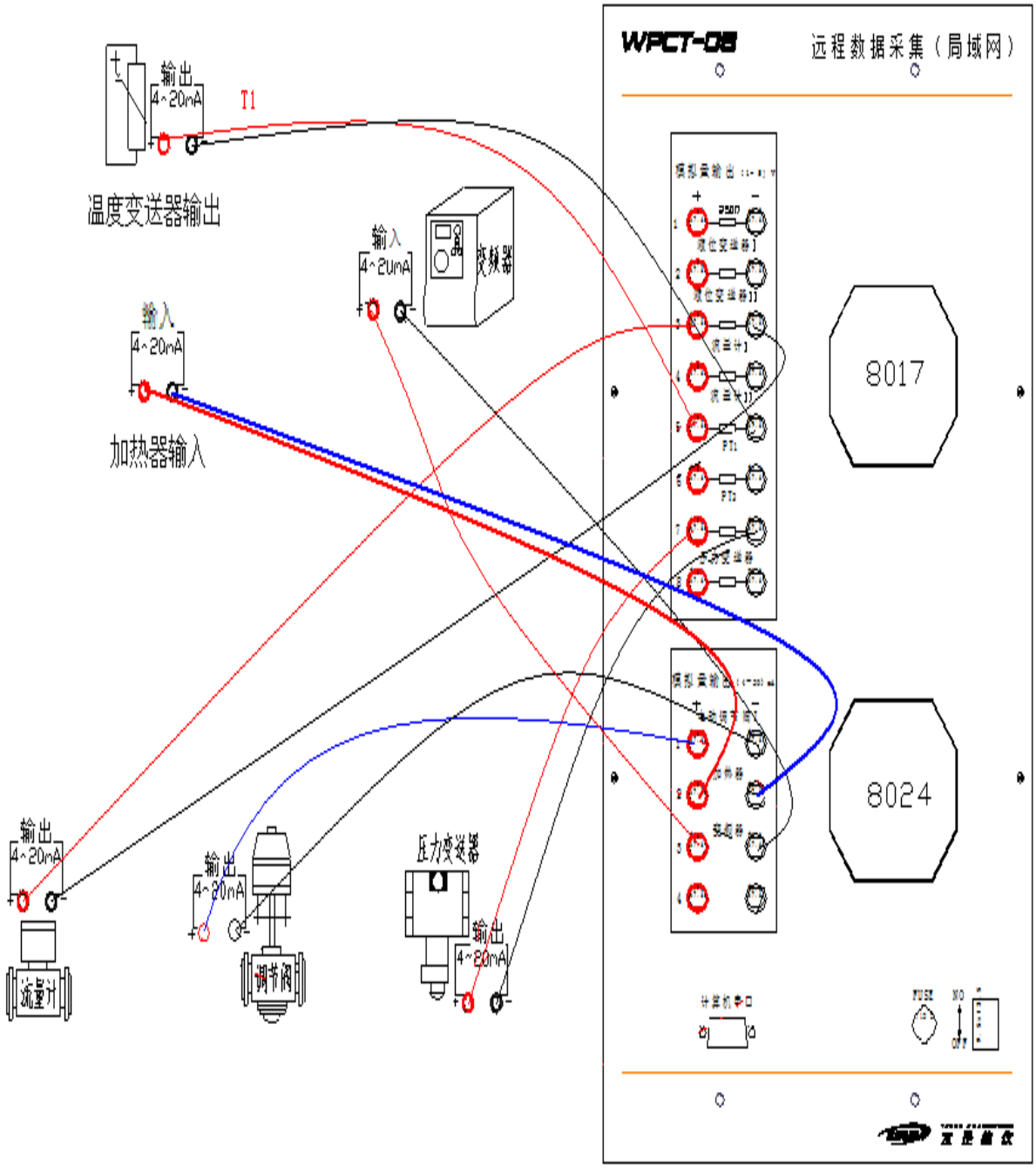


图 1－12 温度单回路接线图

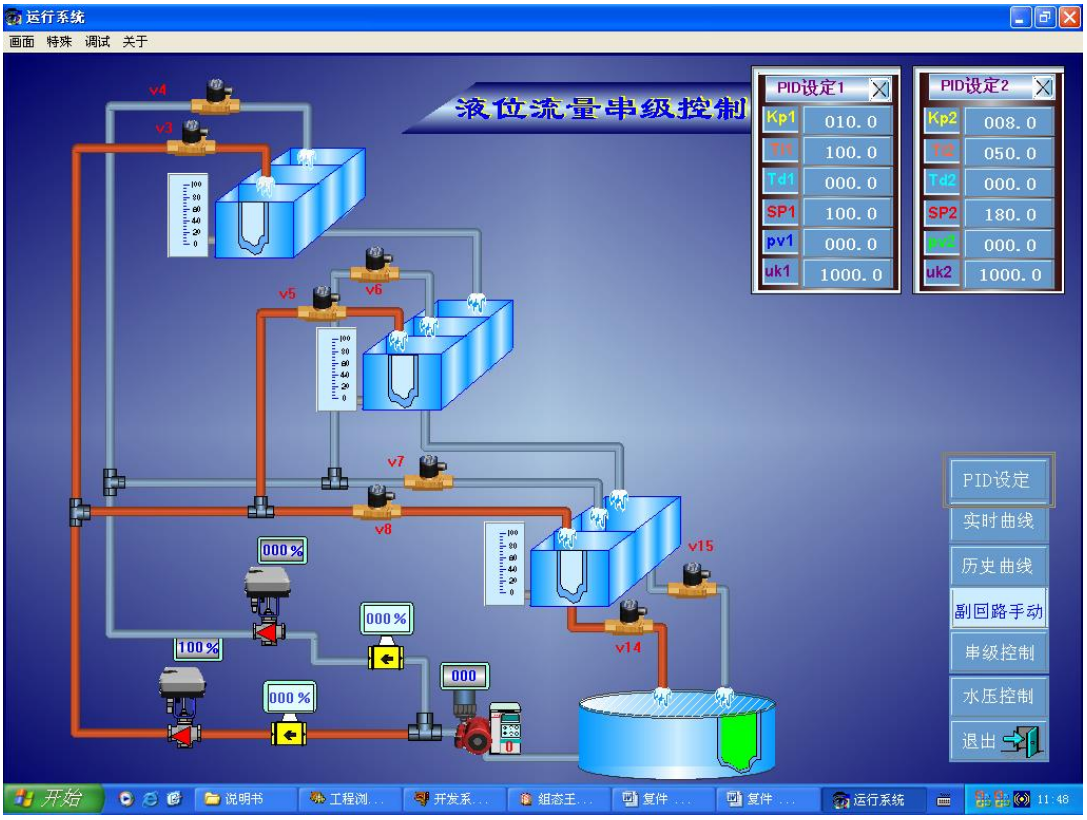
三、实验步骤：

1、将温度单闭环实验所用的设备，按系统框图接好实验线路。将调节器挂箱的 220V 插头插入面板上的插座中,或者将调节器挂箱的四芯航空插头插入面板上“接挂箱”处的四芯航空插座中（可视设备配置而定）。用快速接头将主回路出水、加热炉、储水箱排水口连接起来，完成管道水回路连接；同时将加热炉内筒外筒出水阀关闭，另一支路手动阀关闭，并将其出口处用不锈钢封帽堵住。向加热炉加水时应禁止大流量的水进入，加热炉各个出水口应该与储水箱连接，同时外筒进水口用不锈钢封帽堵住（外筒加水可以让内筒先注满再让小流量水漫到外筒加满水）。内外筒加满水后，方可接通加热器电源。

2、接通总电源，手动控制输出控制主调节阀开度，将加热圆筒内注满水。

3、将加热筒加满水后，使约 9~11%流量的稳定水始终流入加热器外筒内，用于加热器散热。

4、确认加热器内筒有水，且接线无误，打开加热器电源。（结束实验时应该先断加热电源再停止供水，防止加热器水位过低导致干烧）运行组态王温度控制实验如图



5、整定参数值的计算

设定过度过程的衰减比为 4：1，整定参数值可按下列“阶跃反应曲线整定参数表”进行计算。

6、打开加温电源，观察计算机上温度曲线的变化。

7、输入根据表 1 得到的 PID 参数值。

8、待系统稳定后，给计算机的输出加阶跃信号，观察其温度变化曲线。

9、曲线的分析处理，对实验的记录曲线分别进行分析和处理，处理结果记录表格 1—8。

表 1—8 阶跃响应曲线数据处理记录表

参数值 测量情况	特性测试的参数		
	K	T	τ
阶跃 1			
阶跃 2			
平均值			

四、计算机的参数设置

参数名	参数值	说明
K_P	5	比例增益
T_I	90	积分时间（秒）
T_D	4	微分时间（秒）
SP		设定值
u（k）		输出值（0~1000）
PV		过程值

需要设置的参数和其他参数如上所示。

五、试验报告:

根据试验结果编写实验报告，并根据 K、T、τ 平均值写出广义的传递函数。

二 、 串级控制实验

（一）、串级控制系统的设计与整定

当调节对象的动态特性比较复杂，而工艺对调节质量的要求又很高的时候，简单的单回路控制系统不能够满足要求。在这种情况下，需要在单回路控制系统的基础上，采取其他措施，组成复杂控制系统，也称为多回路系统，如串级控制系统、带有补偿的控制系统以及解耦系统。

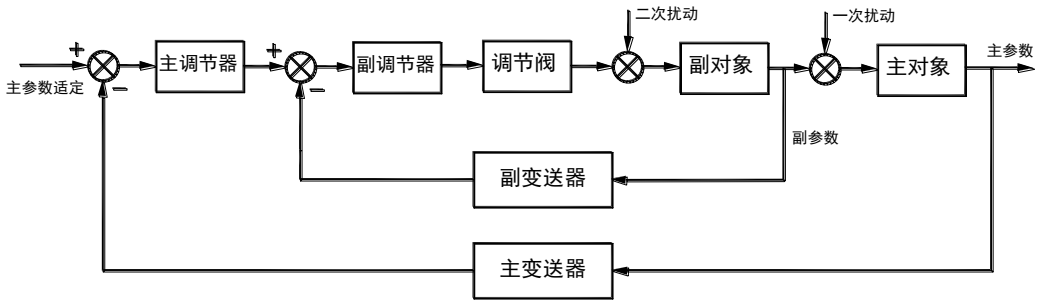


图 2—1 一般串级控制系统

如图所示的控制系统在结构上形成了两个闭环。一个闭环在里面，被称为副回路；一个闭环在外面，被称为主回路，以最终保证被调量满足工艺要求。这种由两个调节器串接在一起控制一个调节阀的系统叫做串级控制系统。主调节器具有自己独立的设定值，它的输出作为副调节器的设定值，而副调节器的输出信号则是送到调节阀去控制生产过程。

串级控制系统只比简单控制系统增加了一个测量变送元件和一个调节器，但是控制效果却有显著的提高，具有较好的控制性能，能够改善对象的动态特性，提高系统的工作频率，对负荷或操作条件的变化也有一定的自适应能力。

一、串级控制系统的设计：

串级系统的种种特点都是因为增加副回路的缘故，副回路的设计质量是保证发挥串级系统优点的关键。

1、制定串级控制系统的方案，选择串级液位控制系统或串级流量控制系统。选择主被控参数、副被控参数、主控制器、副控制器来构成主回路、副回路，组成一个完整的串级控制系统。

副回路应包含被控对象所受到的主要干扰，副参数的选择应使副回路时间常数小，调节通道短，反应灵敏。

2、选择串级控制的主、副控制器。

副调节器的任务是要快动作以迅速抵消落在副环内的二次扰动，而且副参数并不要求无差，所以可选用调节速度叫快的 P 调节器。主调节器的任务是准确保持被调量符合生产要求，不允许被调量存在偏差，因此，住调节器必须具有积分作用。

二、串级控制系统参数的整定：

串级系统的整定要比简单系统复杂。由于两个调节器串接在一起，互相作用，影响参数的整定。所以在整定时，应尽量加大副调节器的增益以提高副环的频率，使主、副环的频率错开，减少相互之间的影响。

串级系统的整定，有两步整定法和一步整定法。

1、两步整定法

两步整定法是第一步整定副回路的副调节器，第二步整定主回路的主调节器的串级系统整定方法。

（1）先整定副回路。在系统工作状况稳定，主、副回路主调节器在纯比例作用的条件下，将主调节器的比例带δ置于100%处，按照单回路系统的整定方法来整定副回路。

逐渐降低副调节器的比例带，如用4：1衰减法来整定副回路，则求出副参数在4：1衰减时的副调节器比例带δ_{2S}和操作周期T_{20}。

（2）整定主回路。使副调节器比例带置于δ_{2S}的数值上，逐渐降低主调节器的比例带δ_{1S}，求出同样衰减比时主回路的过渡过程曲线，记录此时主调节器的比例带δ_{1S}和操作周期T_{10}。

将上述步骤中求出的δ_{1S}、T_{10}、δ_{2S}、T_{20},根据选用的调节器类型，按照4：1衰减曲线的整定方法，求出主、副调节器的整定参数。

（3）按照“先副后主、先比例次积分后微分”的原则，将计算得出的调节器参数置于各调节器之上。

（4）加干扰实验进行验证，观察过程参数值，直至记录曲线符合控制要求为止。

2、一步整定法

（1）在系统工作状况稳定，主、副回路主调节器在纯比例作用的条件下，按表 2-1“一步法比例带经验值表”所列数值，将副调节器调节到适当的经验值上。

表2-1 一步法比例带经验值表

副参数	比例带δ_2	放大倍数K_{C2}
温度	20——60	5——1.7
压力	30——70	3——1.4
流量	40——80	2.5——1.25
液位	20——80	5——1.25

（2）利用单回路控制系统的参数整定方法来整定主调节器参数。

（3）加干扰试验进行验证，观察过渡过程曲线，根据K_{C1}、K_{C2}相匹配的原理，适当调整调节器参数，使主参数控制精度最好。

（4）如果出现振荡现象，只要适当加大主、副调节器的任意一个比例带，即可消除振荡。

三、串级系统控制质量测试：

并与简单控制系统进行对比，通过对比实验，观察主要扰动及次要扰动作用于对象时，系统的控制过程。

实验二　中水箱液位和流量串级系统(计算机控制)

一、实验目的:

通过实验掌握串级控制系统的基本概念，掌握串级控制系统的组成结构，即主被控参数、副被控参数、主调节器、副调节器、主回路、副回路。

通过实验掌握串级控制系统的特点、串级控制系统的设计，掌握串级控制主、副控制回路的选择。掌握串级控制系统参数整定方法，并将串级控制系统参数投运到实验中。

（说明：根据具体情况，该可选配置实验可能未包含在您采购的设备中。）

二、实验设备:

水泵Ⅰ、压力变送器、变频器、牛顿模块（输入、输出）、上水箱液位变送器、流量计、调节阀。

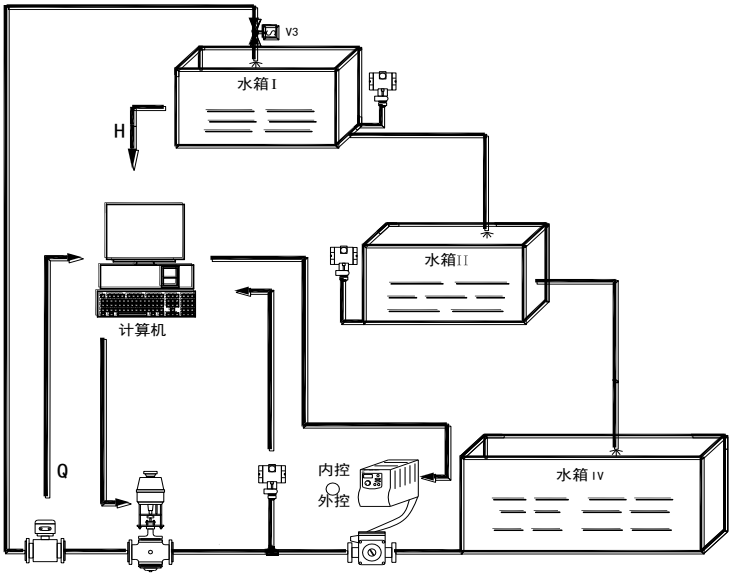


图 2－2 液位流量串级流程

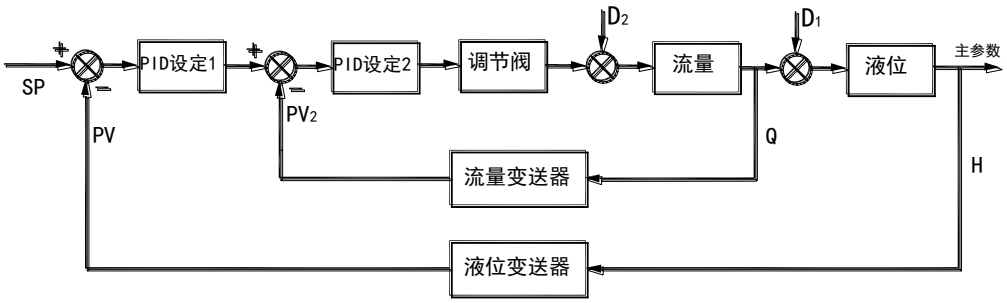


图 2－3 液位流量串级框图

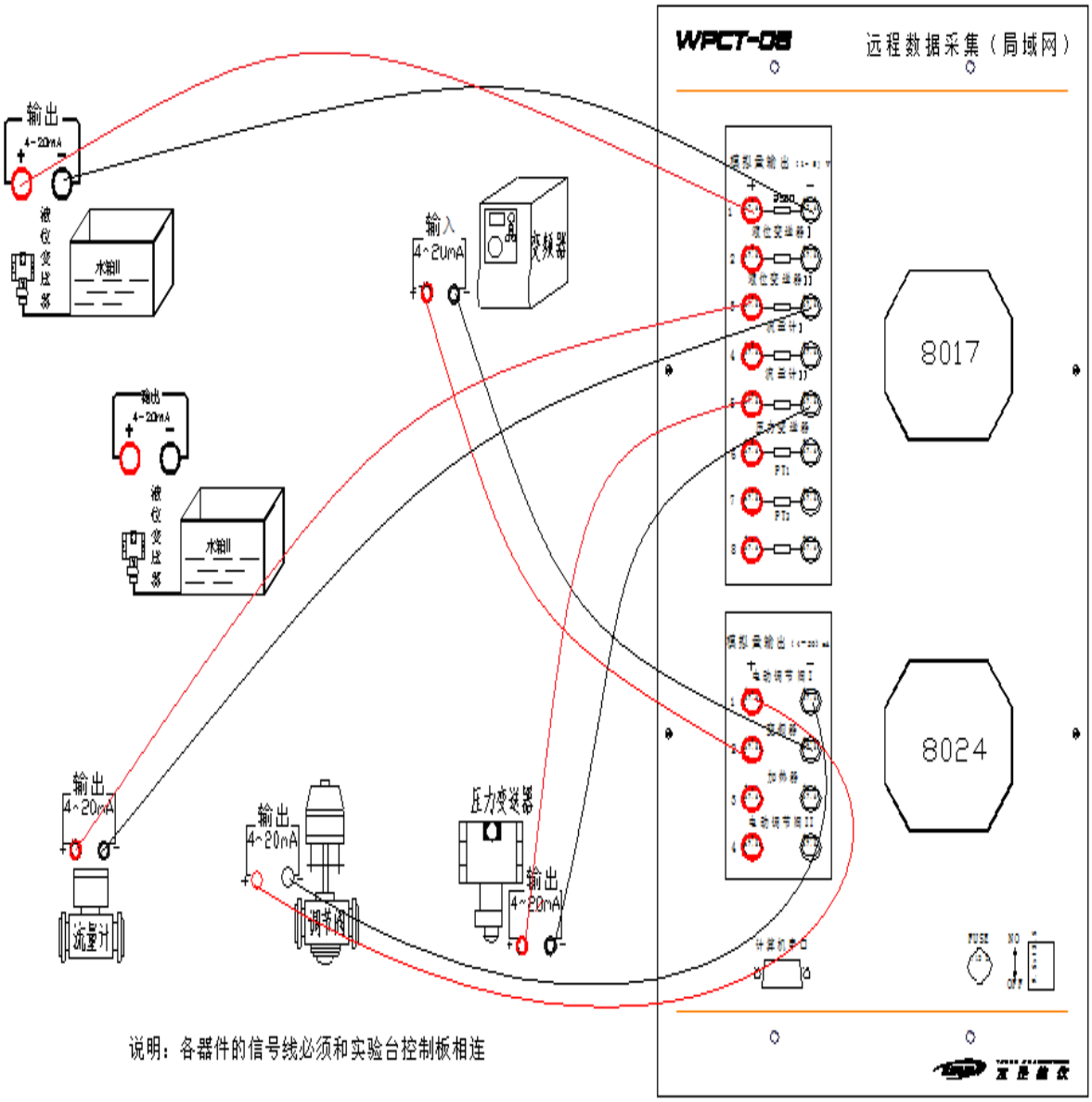


图 2－4 液位流量串级接线图

三、实验步骤：

1、打开计算机组态王软件的工程管理器，选中“串级实验”，点击运行，进入串级实验界面。

2、点击“自动/手动”按钮，使系统在自动状态，点击“PID 设定按钮”，调出 PID 设定界面。

PID 设定 1 框图是副回路流量参数，PID 设定 2 框图是主回路液位参数。

3、投入参数，观察液位和流量的曲线，调整参数观察计算机控制的效果。待系统稳定后，给定加个阶跃信号，观察其液位的变化曲线。

4、再等系统稳定后，给系统下水箱加干扰信号，观察下水箱液位变化的曲线。

四、计算机控制的参数设置:

PID 设定 1 主调		PID 设定 2 副调	
Kp1	10	Kp2	15
Ti1	999	Ti2	300
Td1	0	Td2	0
		SP2	液位给定值
		PV2	液位检测值

五、实验报告:

1、根据试验结果编写实验报告。

2、按 5-2 衰减曲线调节器参数计算表填写表格中的数据

2-2 衰减曲线调节器参数计算表

数据 / 调节器	实验数据		查表计算值		最终整定法	
	δS / %	Ts / min	δ / %	Ti / min	δ终 / %	Ti 终/ min
主调节器						
副调节器						

3、整理并附上记录仪的下列过渡过程曲线:

（1）整定副调节器时得到的 4:1 衰减曲线。

（2）整定主调节器时得到的 4:1 衰减曲线。

（3）主副调节器参数整定后，干扰作用于上水箱中，主变量 H1 的过渡过程曲线。

（4）主副调节器参数整定后，干扰作用于流量中，主变量 H1 的过渡过程曲线。

4、列表比较控制质量:

表 2-3 串级控制系统控制质量的比较表

干扰的位置	最大偏差	过渡时间（min）	评价质量并简析原因
干扰加入上水箱			
干扰加入流量中			

表 2-4 串级和简单控制系统控制质量的比较表

干扰位置	自控系统类型	最大偏差	过渡时间（min）	评价质量并简析原因
干扰加入上水	简单控制系统（PID）			

箱中	串级控制系统			

FCS 单回路控制系统实验

实验一　压力单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路流量、单容液位、双容液位和温度控制系统，掌握用阶跃响应曲线法来实验辨识控制系统数学模型的特性参数 τ 、T_0、K_0，采用经验整定法整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的自整定和自动控制的投运。

二、实验系统流程图：

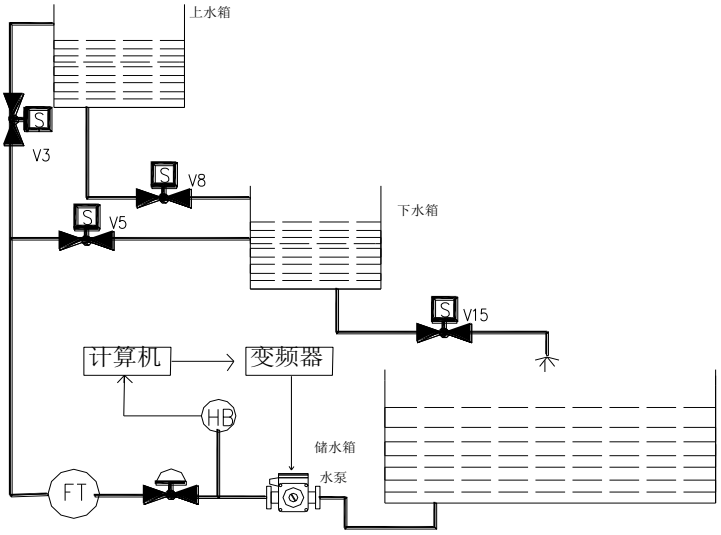
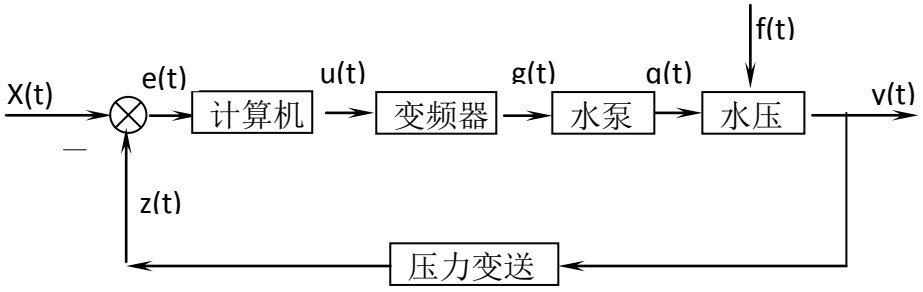


图 4.2　压力单闭环实验流程图

三、实验框图



计算机控制压力单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

1．运行计算机压力单闭环实验，将阀门 V15， V3 打开。

2 .程序 SIMATIC Manager，把 STP7 5.2V 的程序下传到 PLCS7-300 的主机里，工程管理器界面中，点击 FILE\OPEN 按扭，选择 C:\ PLCPRO\压力。

3 .OK 按扭,然后把程序下载下去。

4.  按扭后，点击文件、打开按扭，然后选择压力，在激活既进入压力对象特性测试及控制实验界面。

5.历史曲线按扭，进入 PID 参数设置界面。点击 MAIN 按扭 。

6.PID 设定中的 SP 进行数据输入使系统液位处于某一平衡位置扭。

7.SP 输出，使系统输入幅值适宜的正向阶跃信号，这时系统输出也有一个变化信号，使系统在较高温度到平衡状态。

8.计算的温度正向阶跃响应历史曲线，直至达到新的平衡为止。

9.使系统输入压力值，给相等的一个反向阶跃信号，这时系统输出也有一个变化信号,使系统压力下降个平衡状态。

10.计算机的压力 1 反向阶跃响应历史曲线，直至达到新的平衡为止。

11.参数整定方法

a) 整定参数值的计算

设定过度过程的衰减比为 4：1，整定参数值可按下列“阶跃反应曲线整定参数表”进行计算。

表 4.3 阶跃反应曲线整定参数表

控制规则	控制器参数		
	δ	T_I	T_D
P	δ_S		
PI	$1.2\delta_S$	$0.5T_S$	
PID	$0.8\delta_S$	$0.3T_S$	$0.1T_S$

④．将计算所得的 PID 参数值置于计算机中，系统投入闭环运行。加入扰动信号观察各被测量的变化，直至过渡过程曲线符合要求为止。

⑤．曲线的分析处理，对实验的记录曲线分别进行分析和处理，处理结果记录于表格 4.4

表 4.4 阶跃响应曲线数据处理记录表

参数	压力 1	压力 2

值 测量情况	K1	T1	τ1	K2	T2	τ2
阶跃 1						
阶跃 2						
平均值						

按常规内容编写实验报告，并根据 K、T、τ平均值写出广义的传递函数。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：

P=0.2　　（参考值）（比例增益）

Ti=90　　（参考值）（积分时间　秒）

Td=0　　（参考值）（微分时间　秒）

Sp=30　　（计算机控制给定值）

OP　　（计算机输出值）

PV　　（计算机检测值）

实验二　锅炉内胆水温 PID 控制实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路温度控制系统，并应用经验整定法整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

二、实验系统流程图

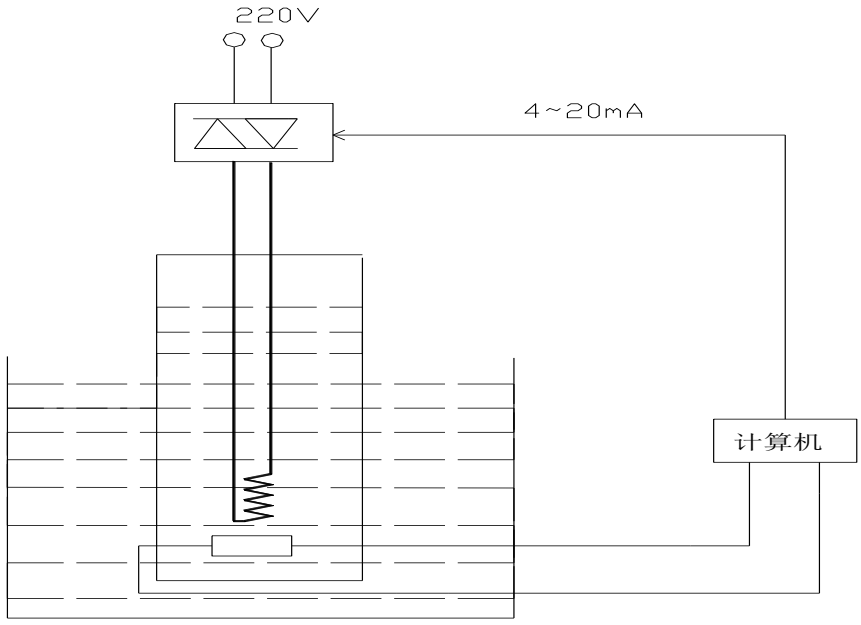
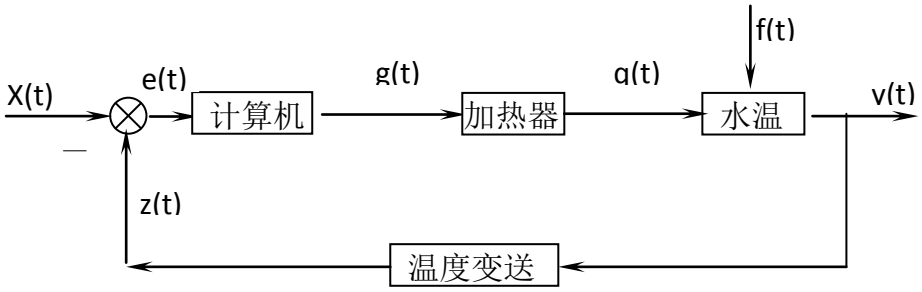


图 4.4　温度单闭环实验流程图

三、实验框图



计算机控制温度单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

1．阶跃反应曲线法

①、运行温度单闭环实验程序。

②、接通总电源，各仪表电源，按照软件操作说明把相应的程序下载到 PLC 中，启动 Wincc 进行实验。

③、将加热圆筒内注满水.把加热器电源合上。

④、整定参数值的计算

设定过度过程的衰减比为 4：1，整定参数值可按下列“阶跃反应曲线整定参数表”进行计算。

表 4.7　　阶跃反应曲线整定参数表

控制规则	控制器参数		
	δ	T_I	T_D
P	δ_S		
PI	$1.2\delta_S$	$0.5T_S$	
PID	$0.8\delta_S$	$0.3T_S$	$0.1T_S$

⑤、将计算所得的 PID 参数值置于计算机中。

⑥、打开加温电源，观察计算机上温度曲线的变化。

⑦、待系统稳定后，给温度加个阶跃信号，观察其温度变化曲线。

⑧、曲线的分析处理，对实验的记录曲线分别进行分析和处理，处理结果记录表格 4.8

表 4.8　阶跃响应曲线数据处理记录表

参数值 / 测量情况	温度 1			温度 2		
	K1	T1	τ1	K2	T2	τ2
阶跃 1						
阶跃 2						
平均值						

按常规内容编写实验报告，并根据 K、T、τ平均值写出广义的传递函数。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：（进入加热器水的流量为 9%）

PIDT 参考参数

P=2　　（参考值）（比例增益）

Ti=50　　（参考值）（积分时间　秒）
Td=1.5　　（参考值）（微分时间　秒）
Sp=30　　（计算机控制给定值）
OP　　（计算机输出值）
PV　　（计算机检测值）

实验三　上水箱液位 PID 整定实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路液位控制系统，并应用经验整定法整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

二、实验系统流程图

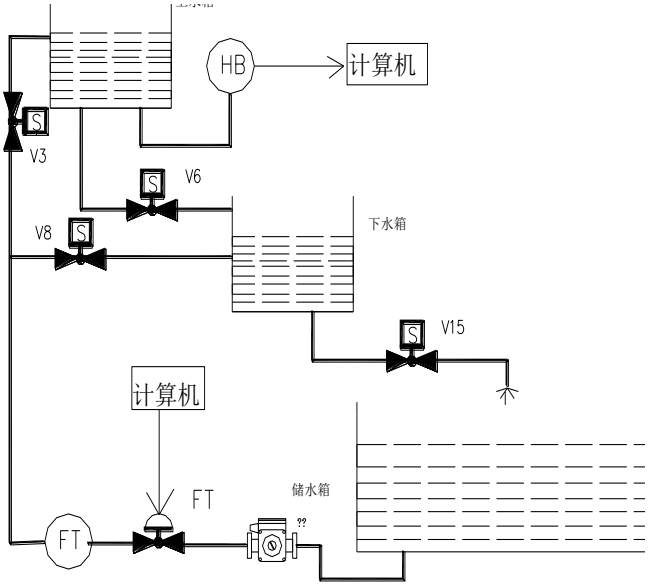
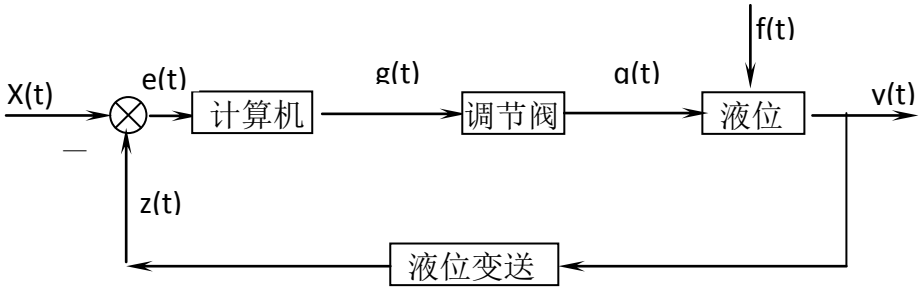


图 4.7　上水箱液位闭环实验流程图

三、实验框图



计算机控制液位单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

1、阶跃反应曲线法

①、运行液位单闭环实验程序。

②、接通总电源，各仪表电源。

③、将手动阀门 V3、V6 打开，按照软件操作说明把相应的程序下载到 PLC 中，启动 Wincc 进行实验。

④、整定参数值的计算。

设定过度过程的衰减比为 4：1，整定参数值可按下列“阶跃反应曲线整。

表 4.11　　阶跃反应曲线整定参数表

控制规则	控制器参数		
	δ	T_I	T_D
P	δ_S		
PI	$1.2\delta_S$	$0.5T_S$	
PID	$0.8\delta_S$	$0.3T_S$	$0.1T_S$

⑤、将计算所得的 PID 参数值置于计算机中。

⑥、运行恒压泵。观察计算机上液位曲线的变化。

⑦、待系统稳定后，给定加个阶跃信号，观察其液位变化曲线。

⑧、再等系统稳定后，给系统加个干扰信号，观察液位变化曲线。

⑨、曲线的分析处理，对实验的记录曲线分别进行分析和处理，处理结果于表格 4.12 中。

表 4.12　阶跃响应曲线数据处理记录表

参数值 / 测量情况	液位 1			液位 2		
	K1	T1	τ1	K2	T2	τ2
阶跃 1						
阶跃 2						
平均值						

按常规内容编写实验报告，并根据 K、T、τ平均值写出广义的传递函数。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：

参考值参数 PIDH

P=1.4　　（参考值）（比例增益）

Ti=150　（参考值）（积分时间　秒）

Td=0　　（参考值）（微分时间　秒）

Sp　　（计算机控制给定值）

OP　　（计算机输出值）

PV　　（计算机检测值）

实验四　　单闭环流量 PID 实验

一．实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路流量控制系统，并应用经验整定法整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

二．实验系统流程图

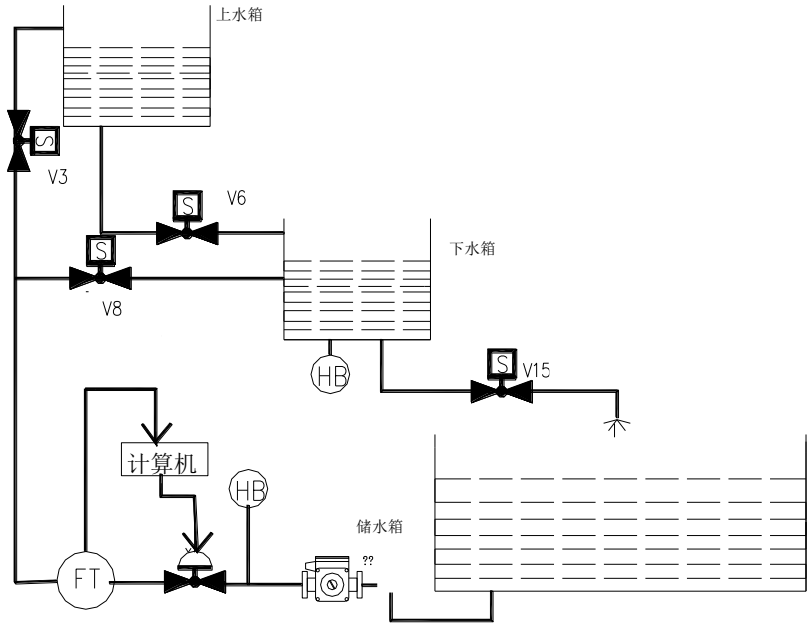
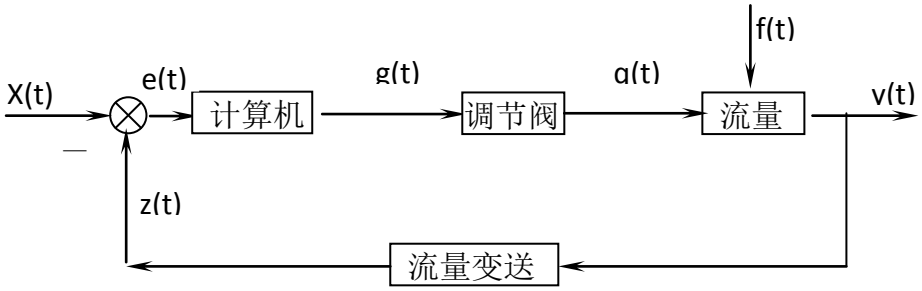


图 4.9　　调节阀流量特控制实验流程图

三、实验框图



计算机控制流量单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

1、阶跃反应曲线法。

（1）、按附图流量单闭环实验接线图接好实验导线。

（2）、接通总电源，各仪表电源。

（3）、将手动阀门 V8，V15 打开，其余阀门关闭，按照软件操作说明把相应的程序下载到 PLC 中，启动 Wincc 进行实验。

（4）、整定参数值的计算

设定过渡过程的衰减比为 4：1，整定参数值可按下列“阶跃反应曲表 4.15　　表 4.15

阶跃反应曲线整定参数表

控制规则	控制器参数		
	δ	T_I	T_D
P	δ_S		
PI	$1.2\delta_S$	$0.5T_S$	
PID	$0.8\delta_S$	$0.3T_S$	$0.1T_S$

（5）、将计算所得的 PID 参数值置于控制器中。

（6）、使水泵在恒压供水状态下工作，观察计算机流量曲线的变化。

（7）、待系统稳定后，给定加个阶跃信号，观察其流量变化曲线。

（8）、再等系统稳定后，给系统加个干扰信号，既改变泵的出口压力，观流量变化曲线。

（9）、曲线的分析处理，对实验的记录曲线分别进行分析和处理，处理结果记录于表格 4.16

表 4.16　阶跃响应曲线数据处理记录表

参数值 / 测量情况	液位 1			液位 2		
	K1	T1	τ1	K2	T2	τ2
阶跃 1						
阶跃 2						
平均值						

按常规内容编写实验报告，并根据 K、T、τ平均值写出广义的传递函数。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：

参考值参数 PIDL

XP=1　　（参考值）（比例增益）

Ti=100　（参考值）（积分时间　秒）

Td=0　　（参考值）（微分时间　秒）

Sp　　（计算机控制给定值）

OP　（计算机输出值）

PV　　（计算机检测值）

第四章　　串级控制系统实验

串级控制实验原理及其方法

一、实验目的：

通过实验掌握串级控制系统的基本概念（即主被控参数、副被控参数、主控制器、副控制器、主回路、副回路）；掌握串级控制系统的结构组成；掌握串级控制系统的特点；掌握串级控制主、副控制回路的选择； 掌握串级控制系统参数整定；掌握串级控制系统参数投运方法；了解串级控制系统对进入副回路和主回路扰动的克服能力。

二、实验流程图：

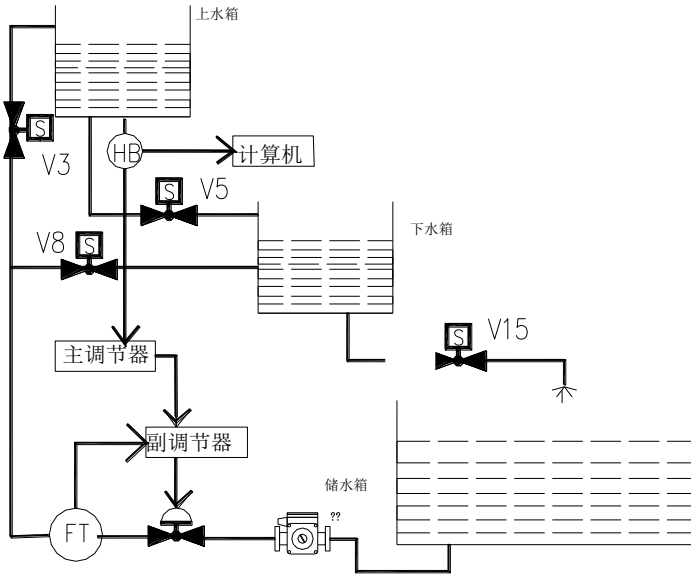


图 5.1　上水箱液位和流量串级控制实验流程图

三、实验步骤：

1．选择串级控制系统的方案；串级液位控制系统或串级流量控制系统。

2．选择主被控参数、副被控参数、主控制器、副控制器来构成主回路、副回路，组成一个完整的串级控制系统。

3．选择串级控制的主、副控制器。

4．串级控制系统参数整定

①．两步整定法

第一步整定副回路的副控制器；第三步整定主回路的主控制器。

a. 在系统工作状况稳定，主、副回路主控制器在纯比例作用的条件下，将主控制器的比例带 δ 取 100%，再逐渐降低副控制器的比例带，用整定单回路

的方法来整定副回路。如用 4：1 衰减法来整定副回路，则求出副参数在 4：1 衰减时的副控制器比例带 δ2S 和操作周期 T2S。

b. 使副控制器比例带置于 δ2S 的数值上，逐渐降低主控制器的比例带 δ1S，求出同样衰减比时主回路的过渡过程曲线， 记录此时主控制器的比例带 δ1S 和操作周期 T1S。

c. 将上述步骤中求出的 δ1S、T1S、 δ2S、T2S 按所用的 4：1 衰减曲线的整定方法，求出主、副控制器的整定参数。

d. 按照“先副后主、先比例次积分后微分”的原则，将计算得出的控制器参数置于各控制器之上。

e. 加干扰实验，观察过程参数值，直至记录曲线符合要求为止。

②.一步整定法

a. 先稳定工作状况，系统在纯比例运行条件下，按下列“一步法比例带经验值表”所列数值，将副控制器调节到适当的经验值上。

一步法比例带经验值表

副参数	比例带 δ2%	放大倍数 KC2
温度	20——60	5——1.7
压力	30——70	3——1.4
流量	40——80	2.5——1.25
液位	20——80	5——1.25

b. 利用单回路控制系统的任意一种参数整定方法来整定主调节器参数。

c. 加干扰试验，观察过渡过程曲线，根据 KC1、KC2 相匹配的原理，适当调整控制器参数，使主参数控制精度最好。

d. 如果出现振荡现象，只要加大主、副控制器的任意一个比例带，即可消除振荡。

4. 对比实验：

①. 观察主要扰动作用于对象时，系统的控制过程。改变由于手动阀 V13 的开度，使主要扰动加于副回路，即上水箱；观察控制过程及液位 H2 的过渡过程曲线。

②. 观察次要干扰作用于主对象时，系统的控制过程。改变手动阀 V7 的开度，使次要干扰加于主回路，即下水箱，观察控制过程及液位 H2 的过渡过程曲线。由于全部扰动加于主回路，不符合串级系统的设计原则，故控制质量较差，观察这一现象。

四．实验报告

1．常规实验报告内容。

2．按 5.1 衰减曲线调节器参数计算表填写表格中的数据。

5.1 衰减曲线调节器参数计算表

数据 / 调节器	实验数据		查表计算值		最终整定法	
	δS / %	Ts / min	δ / %	Ti / min	δ终 / %	Ti 终/ min
主调节器						
副调节器						

3．整理并附上记录仪的下列过渡过程曲线。

①．整定副调节器时得到的 4:1 衰减曲线。

②．整定主调节器时得到的 4:1 衰减曲线。

③．主副调节器参数整定后，干扰作用于上水箱中，主变量 H2 的过渡过程曲线。

④．主副调节器参数整定后，干扰作用于下水箱中，主变量 H2 的过渡过程曲线。

4．列表比较控制质量。

串级控制系统控制质量的比较表

干扰的位置	最大偏差	过渡时间（min）	评价质量并简析原因
干扰加入上水箱			
干扰加入下水箱			

串级和简单控制系统控制质量的比较表

干扰位置	自控系统类型	最大偏差	过渡时间(min)	评价质量并简析原因
干扰加入上水箱中	简单控制系统（PID）			
	串级控制系统			

实验一 上水箱液位和流量组成串级实验

一、实验目的：

1．通过实验掌握串级控制系统的基本概念（即主被控参数、副被控参数、主控制器、副控制器、主回路、副回路）；

2．掌握串级控制系统的结构组成；

3．掌握串级控制系统的特点；

4．掌握串级控制主、副控制回路的选择；

5．掌握串级控制系统参数整定；

6．掌握串级控制系统参数投运方法；

7．了解串级控制系统对进入副回路和主回路扰动的克服能力。

二、实验流程图：

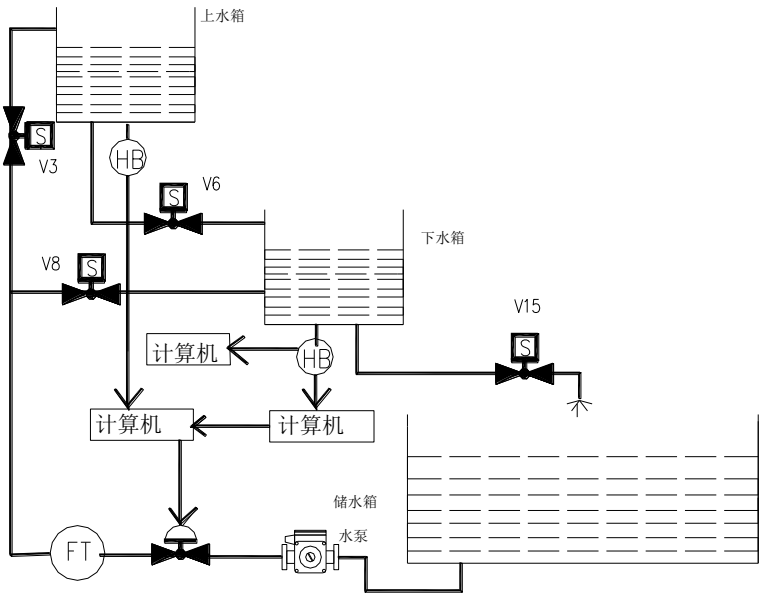
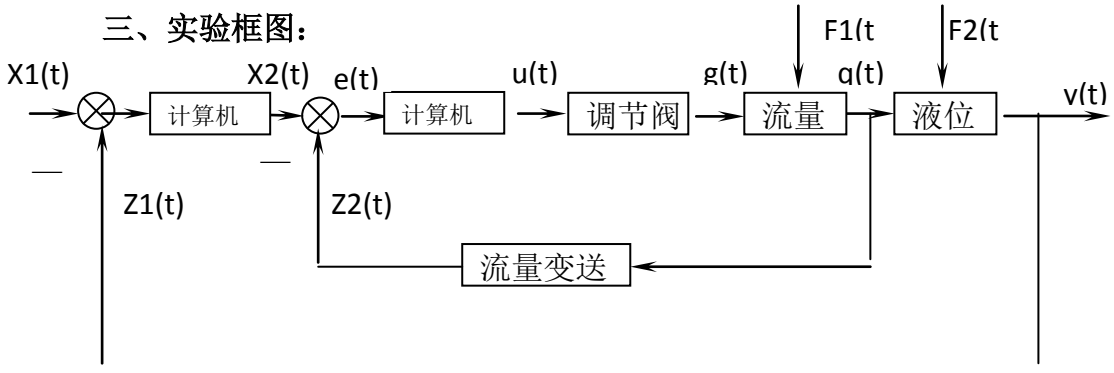


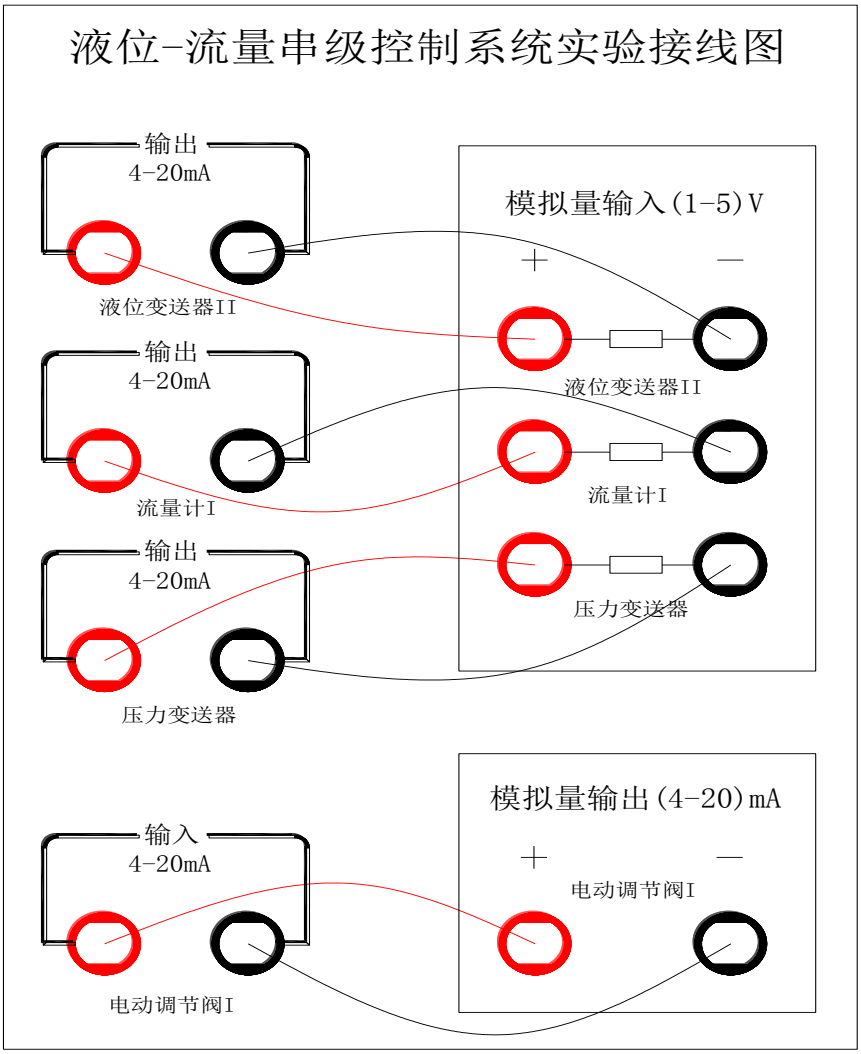
图 5.4　上水箱液位和流量串级控制实验流程图

三、实验框图：



液位变送器

计算机控制串级控制系统的框图



实验接线图

四、实验步骤：

1．打开流往中水箱的流通回路，关闭其他回路。

2．双击桌面上 SIMATIC Manager 图标，，在工程管理器界面中，点击 FILE\OPEN 按扭，点击 Browse 按钮，在桌面上北京工商资料\北京工商程序\FCS 北京工商\stp5.4fcs 中选择液位流量程序点击 OK。

3．击 OK 按扭,然后把程序下载下去。

4．击 Windows Control Center 5.0.lnk 按扭后，点击文件、打开按扭，然后选择液位流量，位流量特性测试及控制实验界面。

5．点历史曲线按扭，进入 PID 参数设置界面。点击 MAIN 置手动，

6．击 PID 设定中的 SP 进行数据输入使系统液位处于某一平衡位置。

7．变 SP 输出，使系统输入幅值适宜的正向阶跃信号，这时系统输出也有一个变化信号，使系统在较高液位所达到平衡状态。

8．察计算的液位 2 的正向阶跃响应历史曲线，直至达到新的平衡为止。

9．变输出使系统输入幅值与正向阶跃相等的一个反向阶跃信号，这时系统输出也有一个变化信号,使系统液位下降至一个平衡状态。

10．计算机的液位阶跃响应历史曲线，直至达到新的平衡为止。

11．统稳定后，给系统下水箱加干扰信号，观察下水箱液位变化的曲线。

12．验报告：按 5-3 衰减曲线调节器参数计算表填写表格中的数据。

5-3 衰减曲线调节器参数计算表

数据 / 调节器	实验数据		查表计算值		最终整定法	
	δS / %	Ts / min	δ / %	Ti / min	δ终 / %	Ti 终/ min
主调节器						
副调节器						

按常规内容编写实验报告，并根据 K、T、τ平均值写出广义的传递函数。

四、调节器的参数设置

PIDQ1 设定

Kp1=1

Ti1=150

Td1=0

PID 设定 1

Kp2=1 （参考值）

Ti2=100 （参考值）

Td2=0 （参考值）

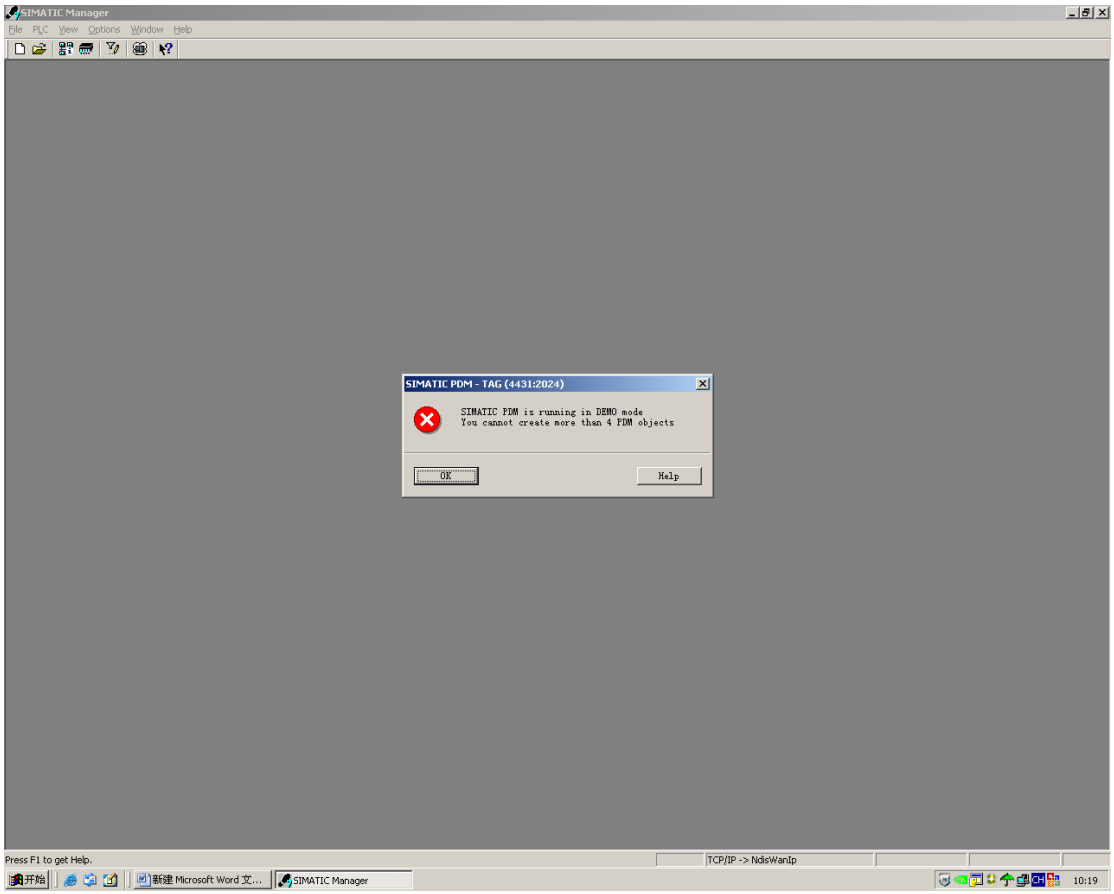
SP2 （液位给定值）

PV2 （液位检测值）

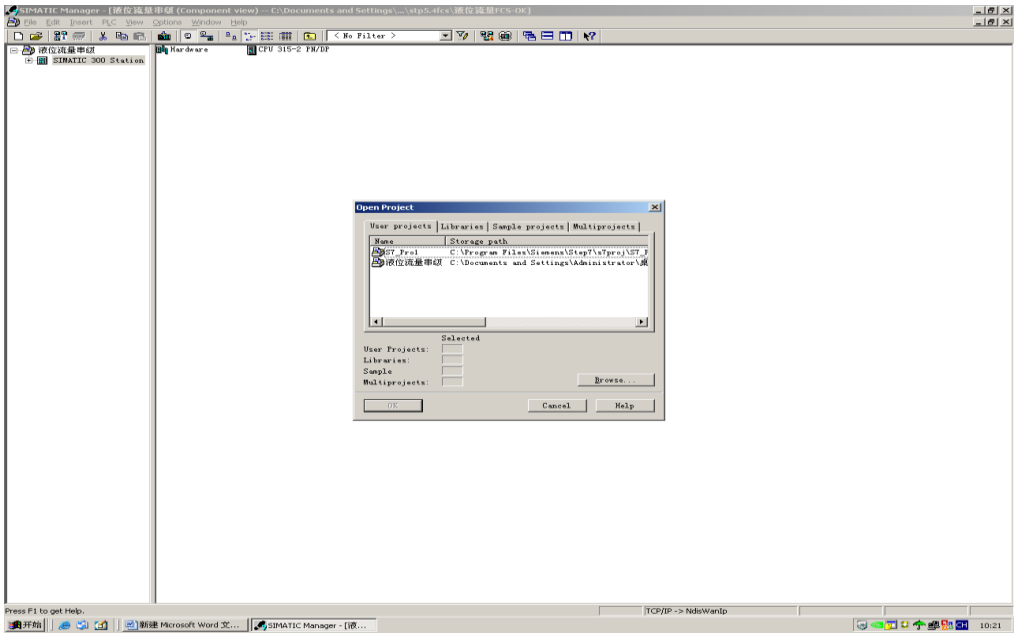
FCS 软件操作说明

第一步、STEP7 程序的下载：

双击桌面上“SIMATIC Manager”图标出现如下图面：

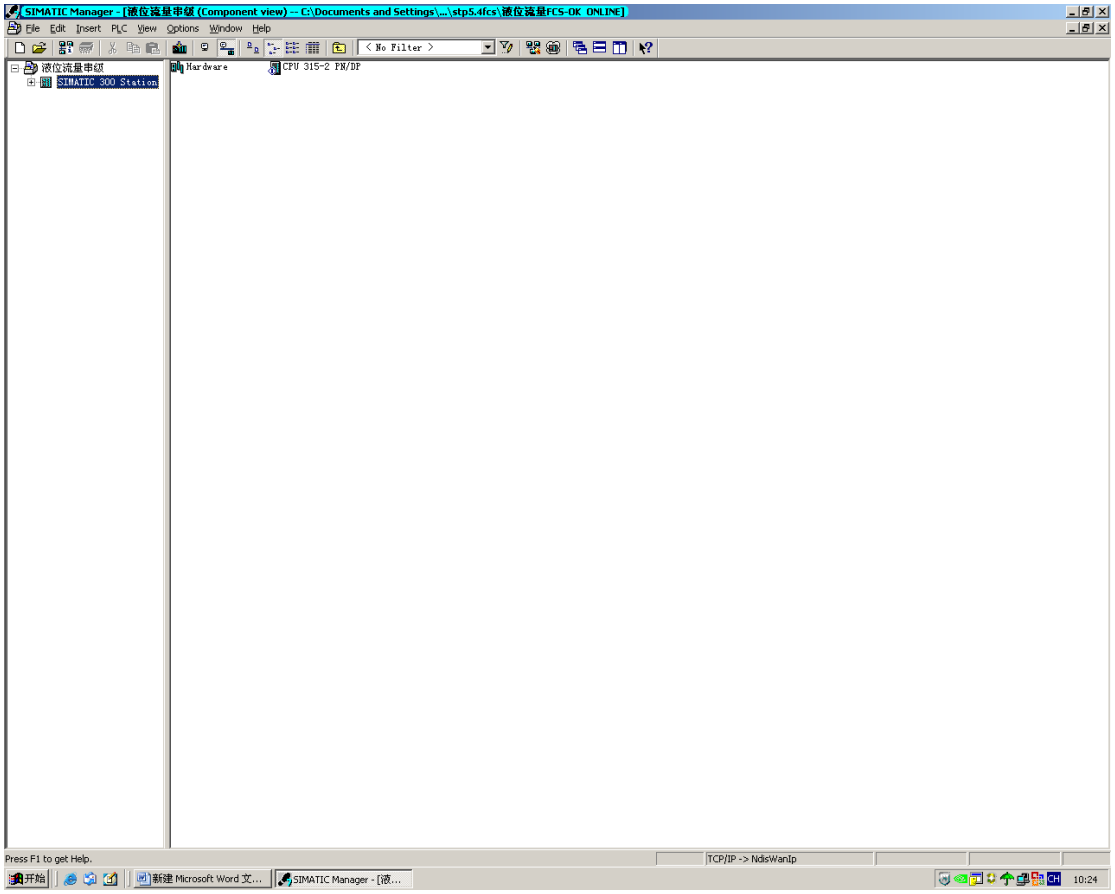


点击 OK 后，点击 FILE\OPEN

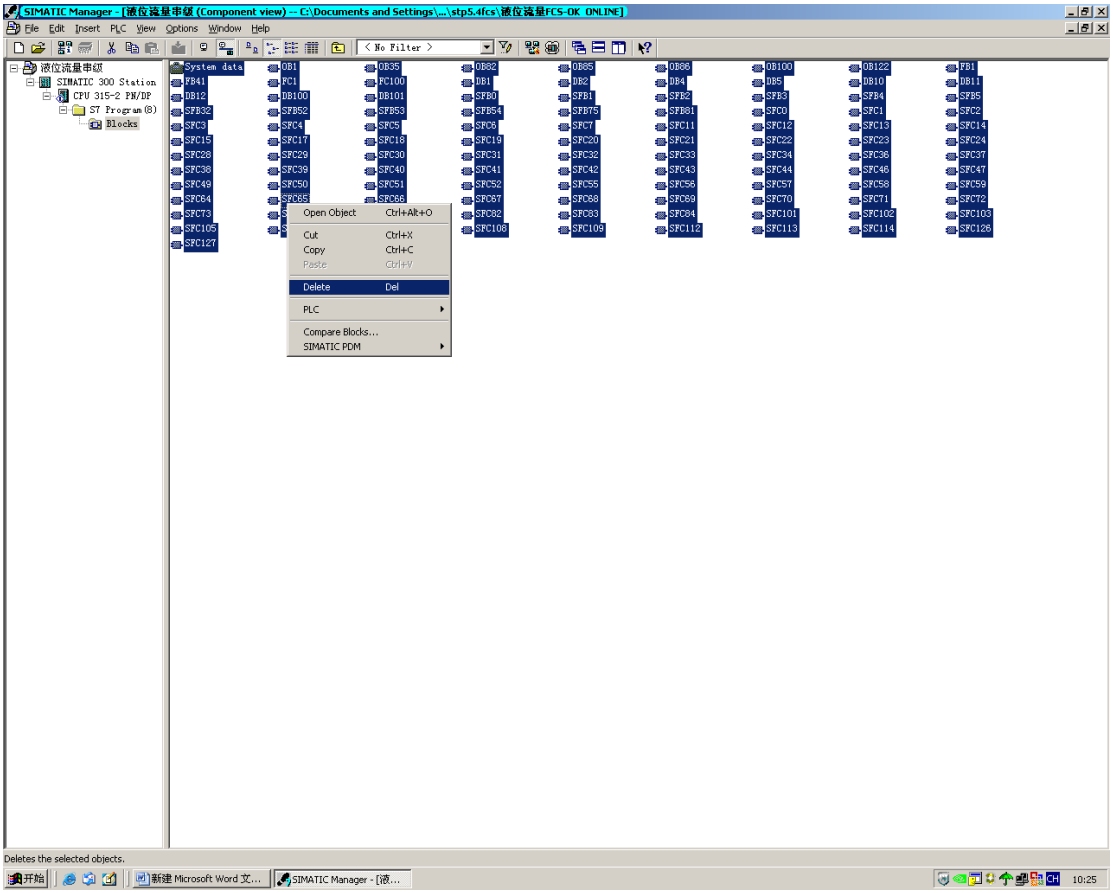


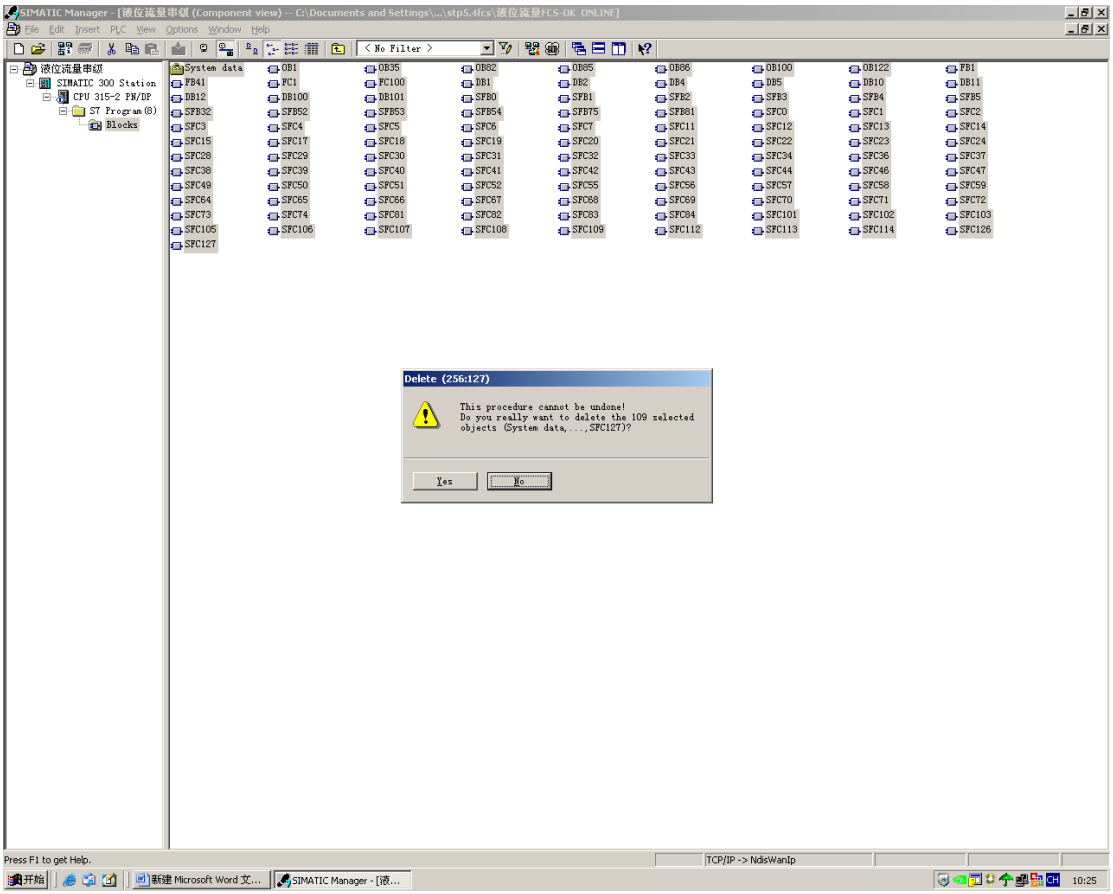
点击 Browse，在桌面上北京工商资料\北京工商程序\FCS 北京工商\stp5.4fcs 中选择液位流量程序点击 OK 即可，然后点击

图中在线按钮。

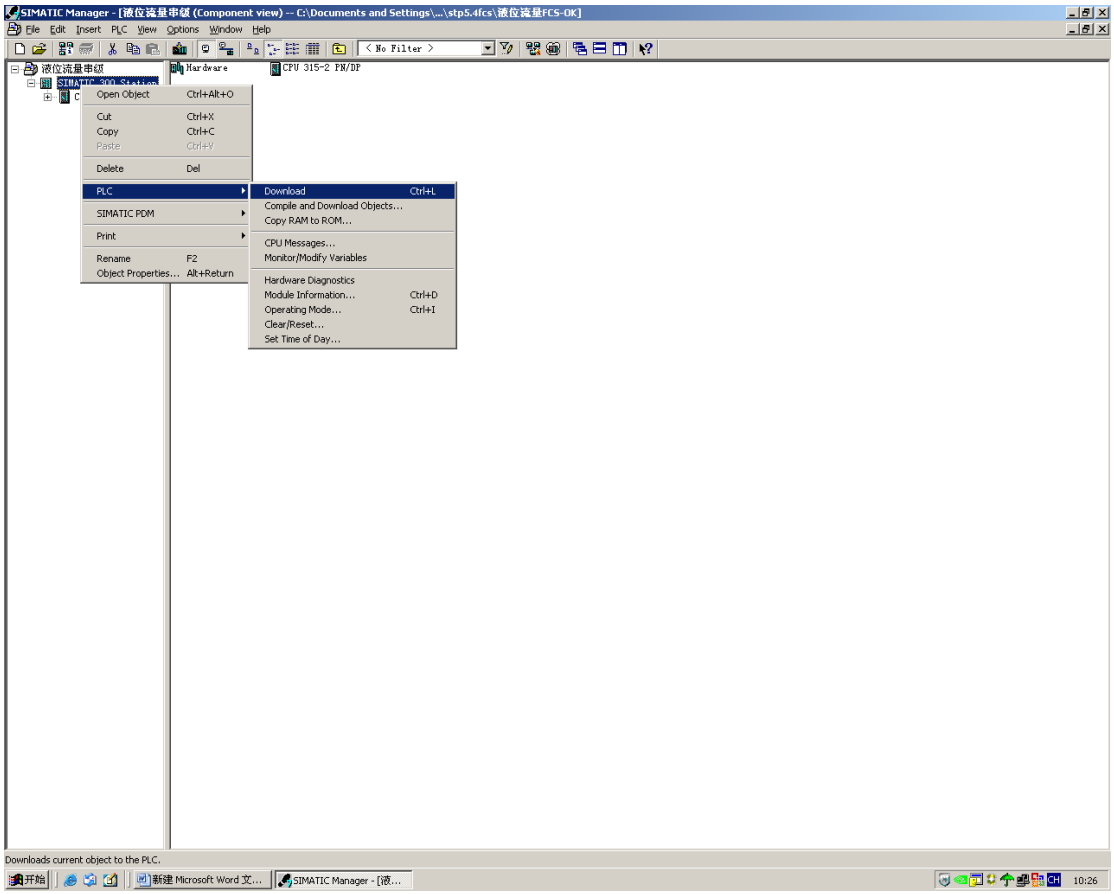


在如下图中点击“Black”，全选右边的所有功能块，右击，点击删除


SIMATIC Manager - [液位流量串级 (Component view) -- C:\Documents and Settings\...\stp5.4fcs\液位流量FCS-OK ONLINE]
File Edit Insert PLC View Options Window Help
< No Filter >
液位流量串级
SIMATIC 300 Station
CPU 315-2 PN/DP
S7 Program(8)
Blocks
Open Object Ctrl+Alt+O
Cut Ctrl+X
Copy Ctrl+C
Paste Ctrl+V
Delete Del
PLC
Compare Blocks...
SIMATIC PDM
Deletes the selected objects.
开始
新建 Microsoft Word 文...
SIMATIC Manager - [液...
10:25


SIMATIC Manager - [液位流量串级 (Component view) -- C:\Documents and Settings\...\stp5.4fcs\液位流量FCS-OK ONLINE]
Delete (256:127)
This procedure cannot be undone!
Do you really want to delete the 109 selected objects (System data,...,SFC127)?
Yes
No
Press F1 to get Help.
TCP/IP -> NdisWanIp
开始
新建 Microsoft Word 文...
SIMATIC Manager - [液...
10:25

点击“YES”，然后在右击 SIMATIC 300 Station\plc 选择 Download 把程序下载进去，再选择“YES”使 CPU 处于运行状态。



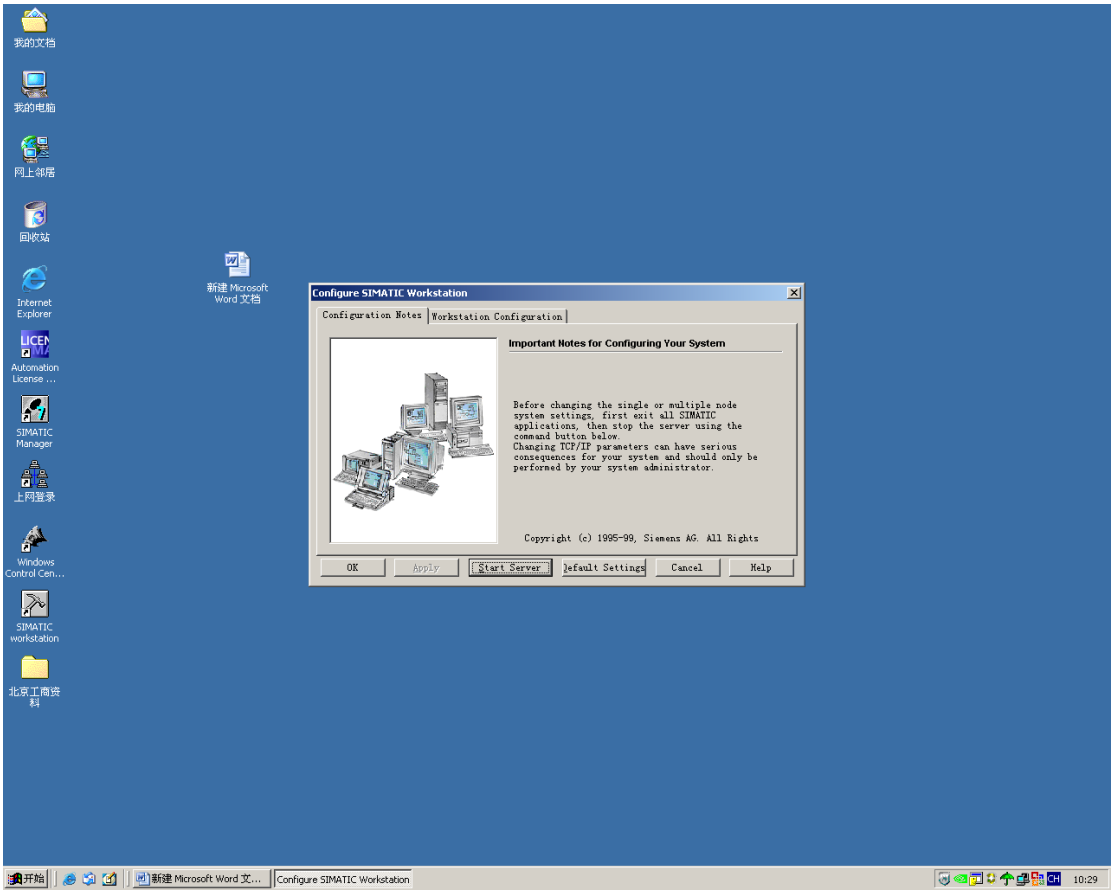
第二步、wincc5.0 组态软件的运行：

双击桌面上

图标，点击

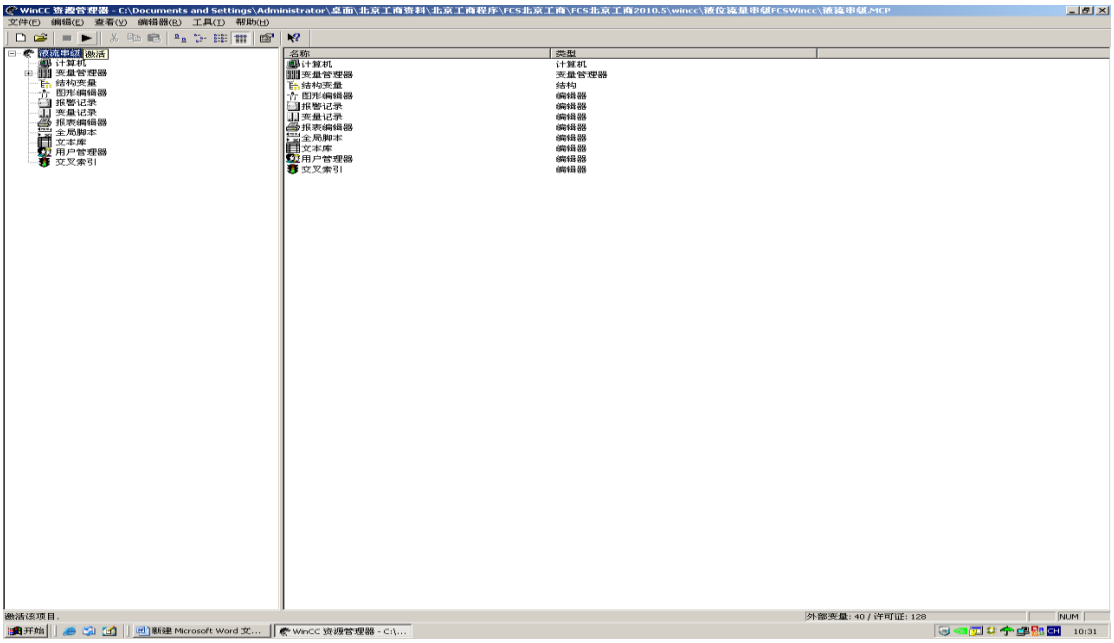
使 wincc5.0 处于

状态，点击 OK 即可。

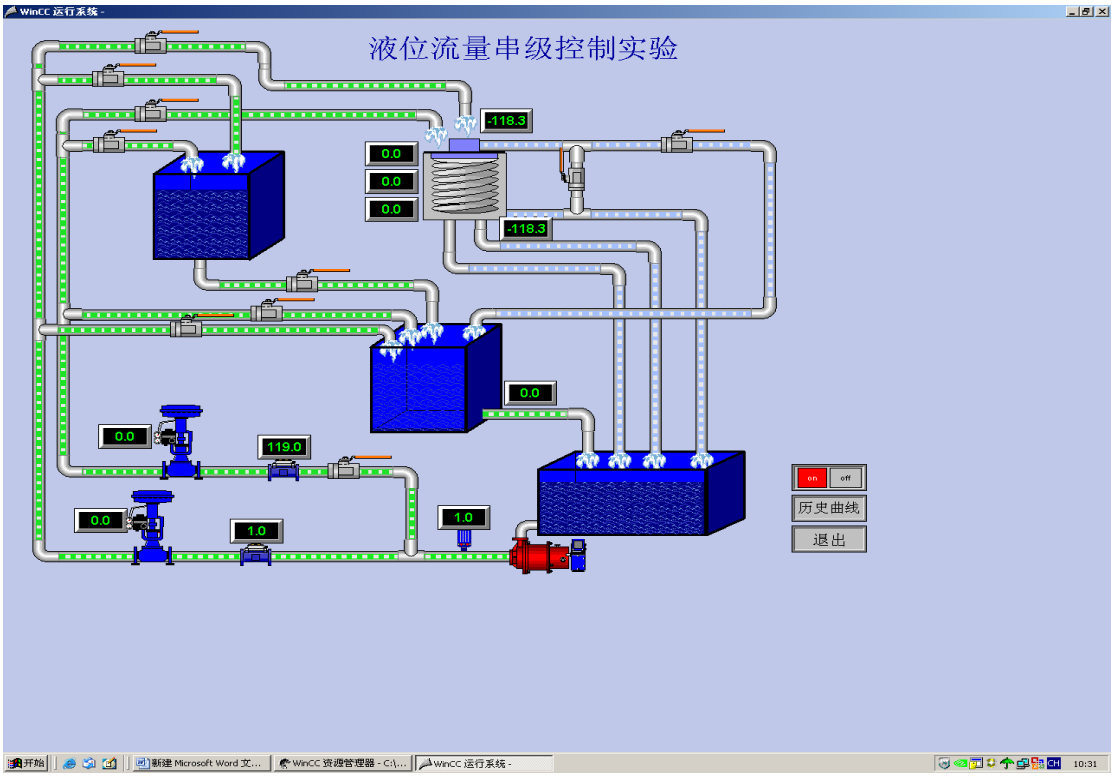


双击桌面上

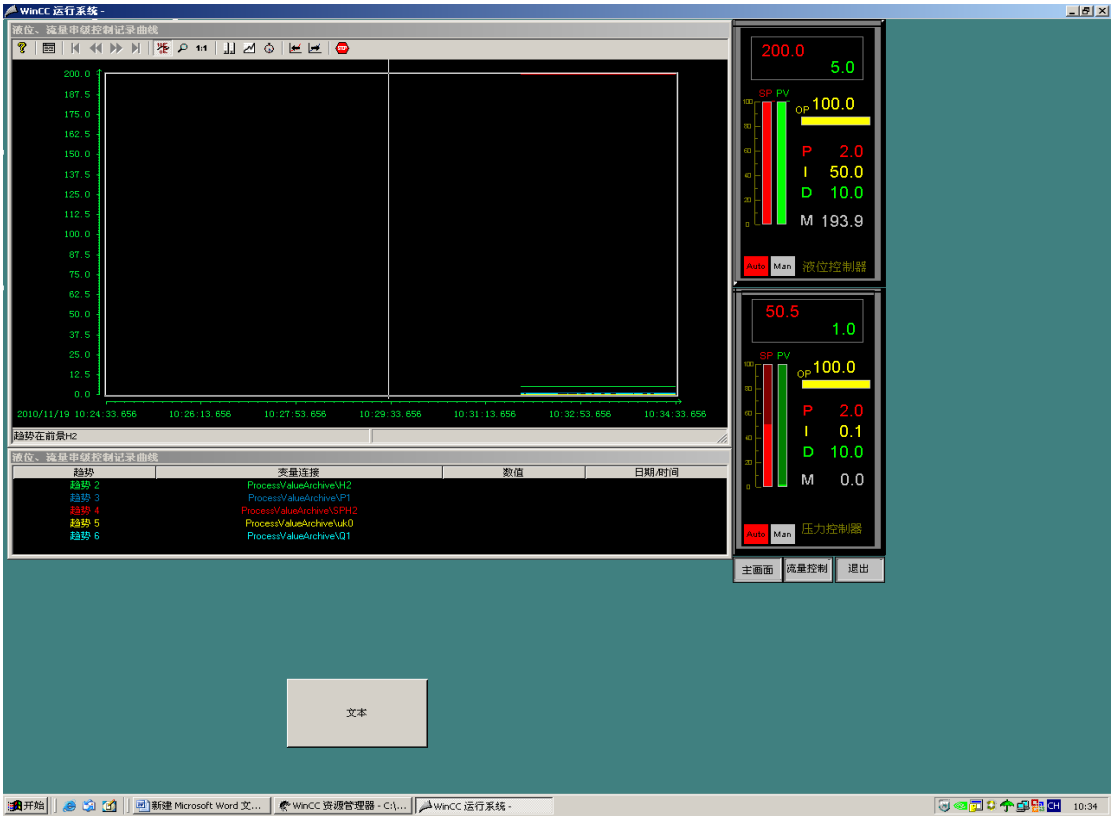
图标，点击“打开”在桌面上北京工商资料\北京工商程序\FCS 北京工商\ wincc 里找到液位流量串级 FCSwincc 点击打开，然后再点击激活程序。



在如下图中点击 ON 按钮，启动变频器，再点击“历史曲线”进入到历史曲线界面。



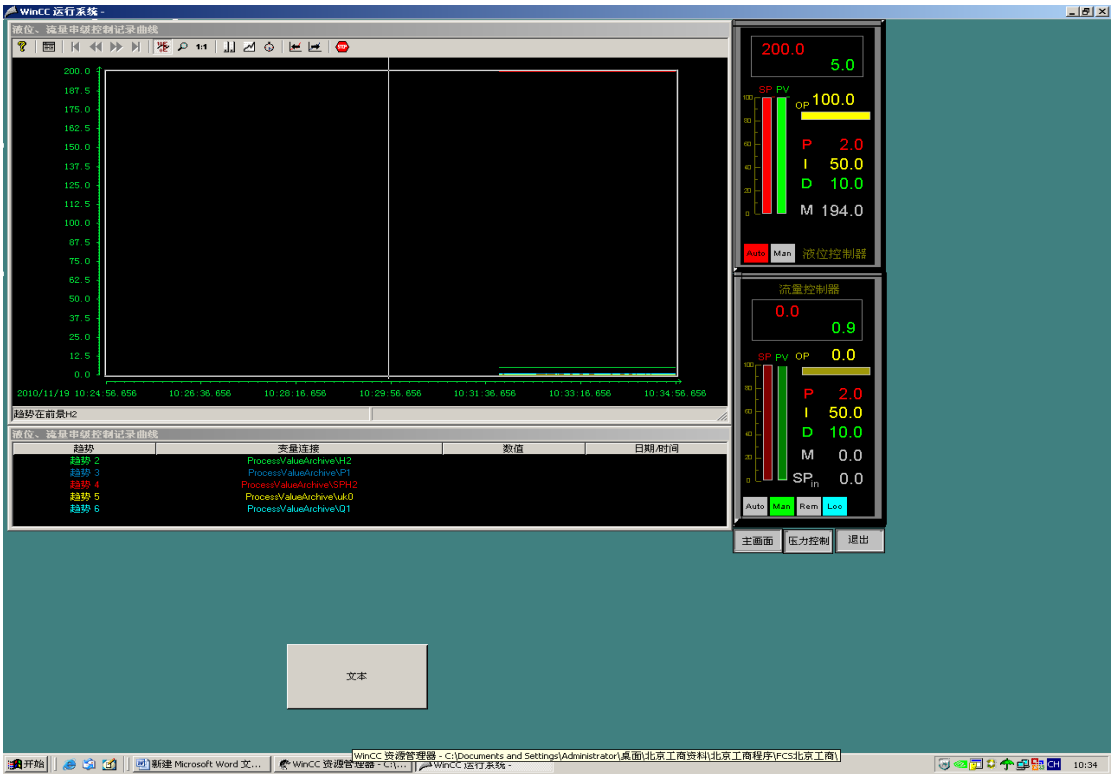
按照实验中 PID 参考值修改 PID 的值，注意的是，液位控制器和压力控制器都要点到“Auto”状态，点击画面下的“流量控制”按钮，进入到流量控制的 PID 修改画面，



在该画面下方点击

和

使系统进入串级控制。



注：待实验做完后，关闭实验项目，必须点击画面下方的

按钮，使程序取消激活，否则下次再启动 Wincc，系统自动激活实验项目。

附录　PCT-FCS　PID 参数及其说明

试验	P	I	D
上水箱 PIDP	70	60	0
上水箱 PIDH	35	6	0
下水箱 PIDP	80	2.2	0
下水箱 $PIDH_2$	55	3	0
流量液位串级 PIDP	0.6	200	1
流量液位串级 PIDQ	1.4	200	0
流量液位串级 $PIDH_1$	6	50	0
流量比值批 PIDP	0.4	260	1
流量比值批 $PIDQ_1$	1	200	1
流量比值批 $PIDQ_2$	1.5	150	1
K_C=时可变的？			
变比值 PIDP	0.5	100	0
变比值 $PIDT_6$	1	100	1
变比值 $PIDT_1$	2	120	1
变比值 $PIDQ_1$	2	160	1
变比值 $PIDQ_2$	2	200	1
KC 是与 Q1,Q2,之间关系			
SMITH 试验 POIDP	0.5	360	1
SMITH 试验 $POIDT_5$	1	120	1
K=0.5;　T=127;　τ =20;			
SMITH 试验 $POIDQ_1$	1	200	1
解耦 PIDP	0.5	360	1
解耦 $PIDT_1$	2	200	1
解耦 $PIDT_2$	-2	120	1
K_{f1}=0.07; K_{f2}=0.01;			
温度单闭环 PIDP	120	25	0.2
温度单闭环 PIDL	120	40	0
温度单闭环 PIDT	25	6	2
流量单闭环 PIDP	250	70	0
流量单闭环 PIDL	100	40	0
二阶液位 PIDP	35	0.4	0
二阶液位 PIDH	80	2	0
一阶液位 PIDP	160	40	0.10
一阶液位 PIDH	35	12	0

压力 P	60	40	0.01
液位液位串级 PIDP	0.4	260	1
液位液位串级 $PIDH_1$	2	100	1
液位液位串级 $PIDH_2$	1	50	1
前馈反馈试验 PIDP	0.5	260	0
前馈反馈试验 $PIDH_1$	1	60	0
前馈反馈试验 $PIDQ_1$	1	50	1
前馈反馈试验 $PIDQ_2$	2	120	1
K_f 为前馈系数 $Q_1=K_fQ_2$			

DCS 单回路控制系统实验

实验一　压力单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路流量、单容液位、双容液位和温度控制系统，掌握用阶跃响应曲线法来实验辨识控制系统数学模型的特性参数 τ 、T_0、K_0，采用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的自整定和自动控制的投运。

二、实验系统流程图

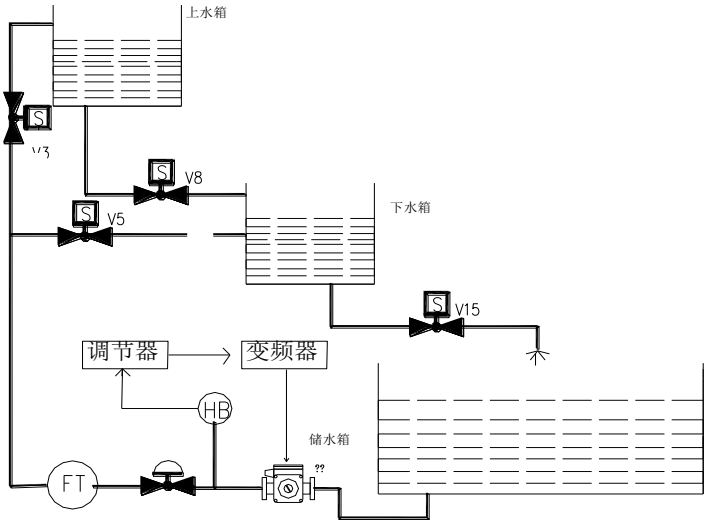
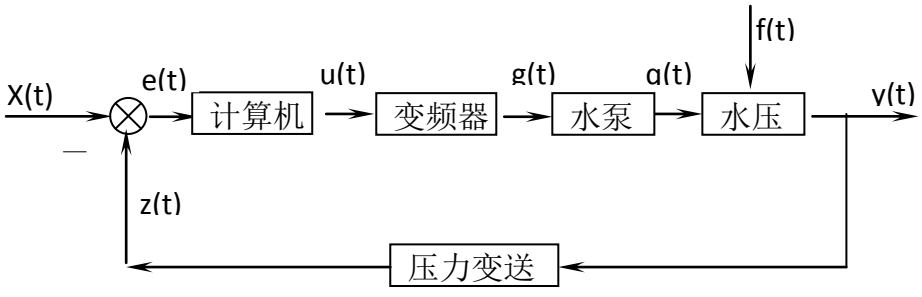


图 4.2　压力单闭环实验流程图

三、实验框图

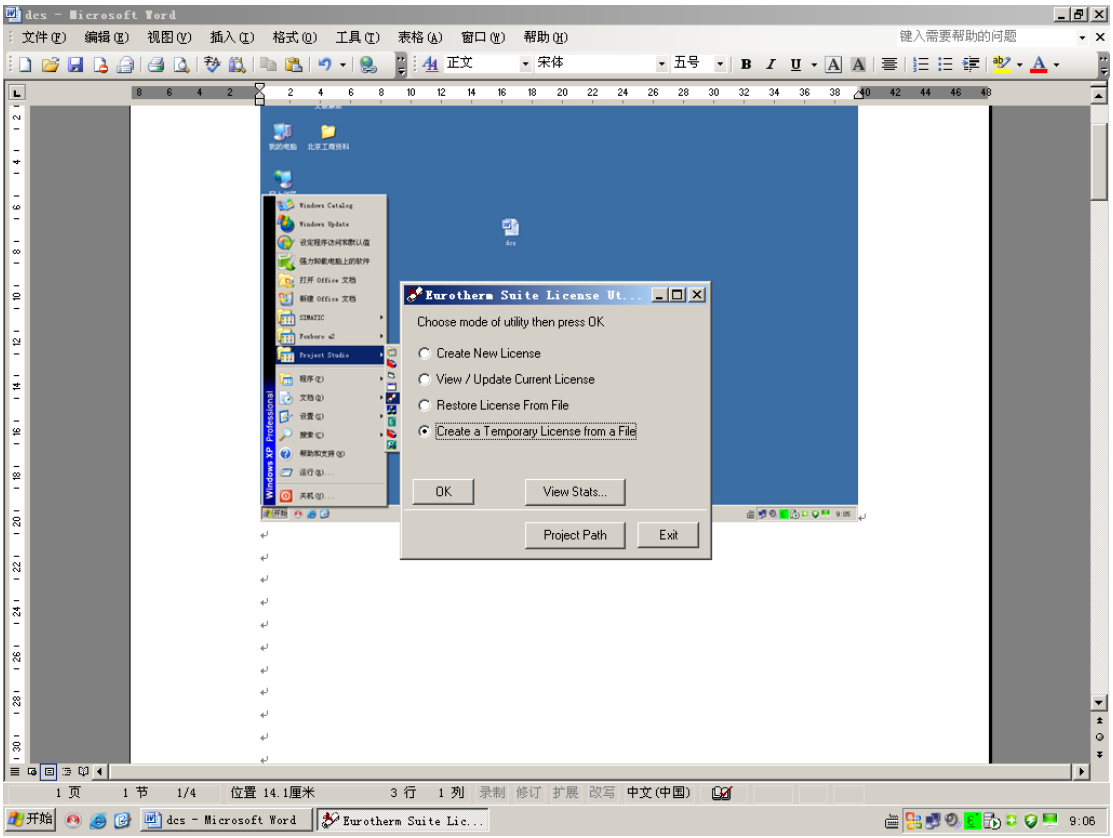


计算机控制压力单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

1. 根据实验系统流程图了解压力单闭环控制系统。
2. 按实验框图将实验导线接好，将阀门全部关闭。
3. 合上总电源控制开关和控制 DCS 电源的船型开关。

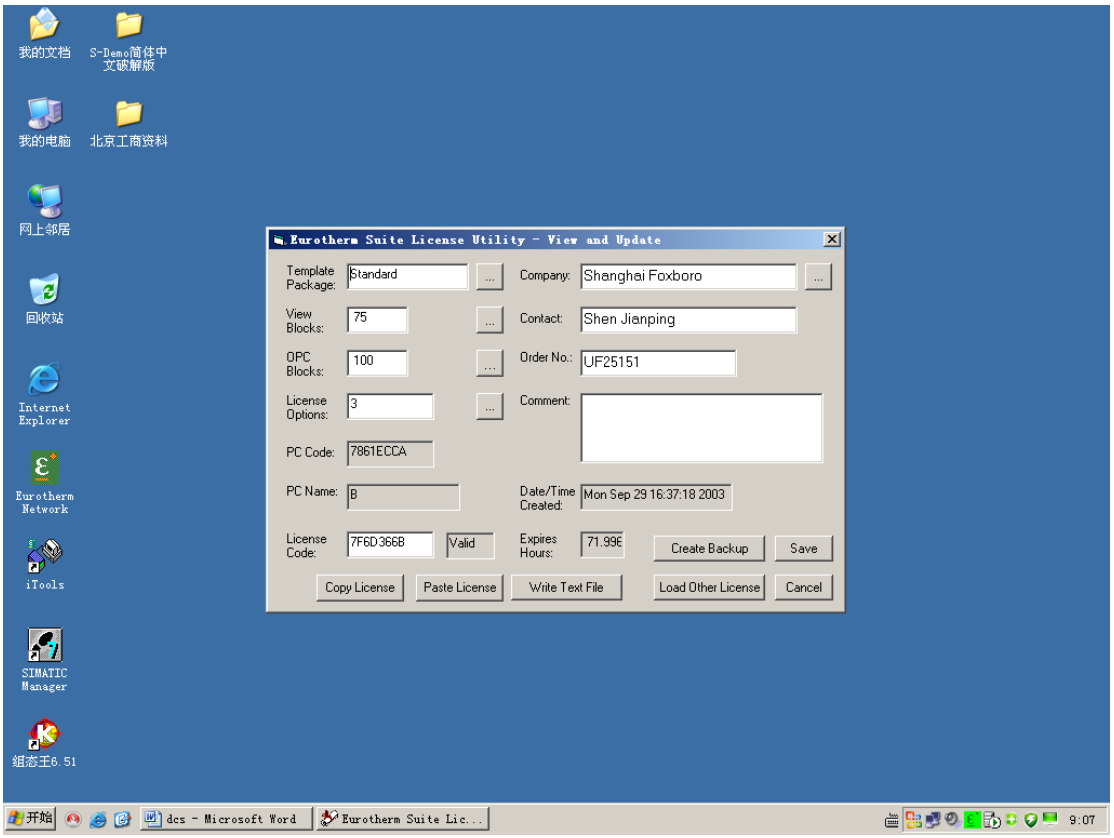
4．点击按扭后,运行在开始菜单里选择 Project Studio\LicenseUtility,出现如下界面：



5 选择“ Create a Temporary License from a File” 点击“OK”即可。

6 在弹出的对话框里

把“a:\”改为“c:\”点击“OK”。





7.点击“Save”然后点击“确定”，后点击“cancel”推出即可。

8．运行在开始菜单里选自择 Project Studio\Active Project Properties 工租管理器界面中，点击Change Active Project...按扭，选择 EUROPS\YL\ Project 对象。

9．点击打开按扭,再点击确定按扭。

10．点击开始按扭后，点击 Foxboro a2\Startup 按扭，进入压力单闭环实验对象特性测试及控制实验界面。

11．点击F4 Pt Page按扭，点击 PIDP 按扭。

12．点击 PID 设定中的 SP 进行数据输入，同时按照参数设置里的数值设置 PID。

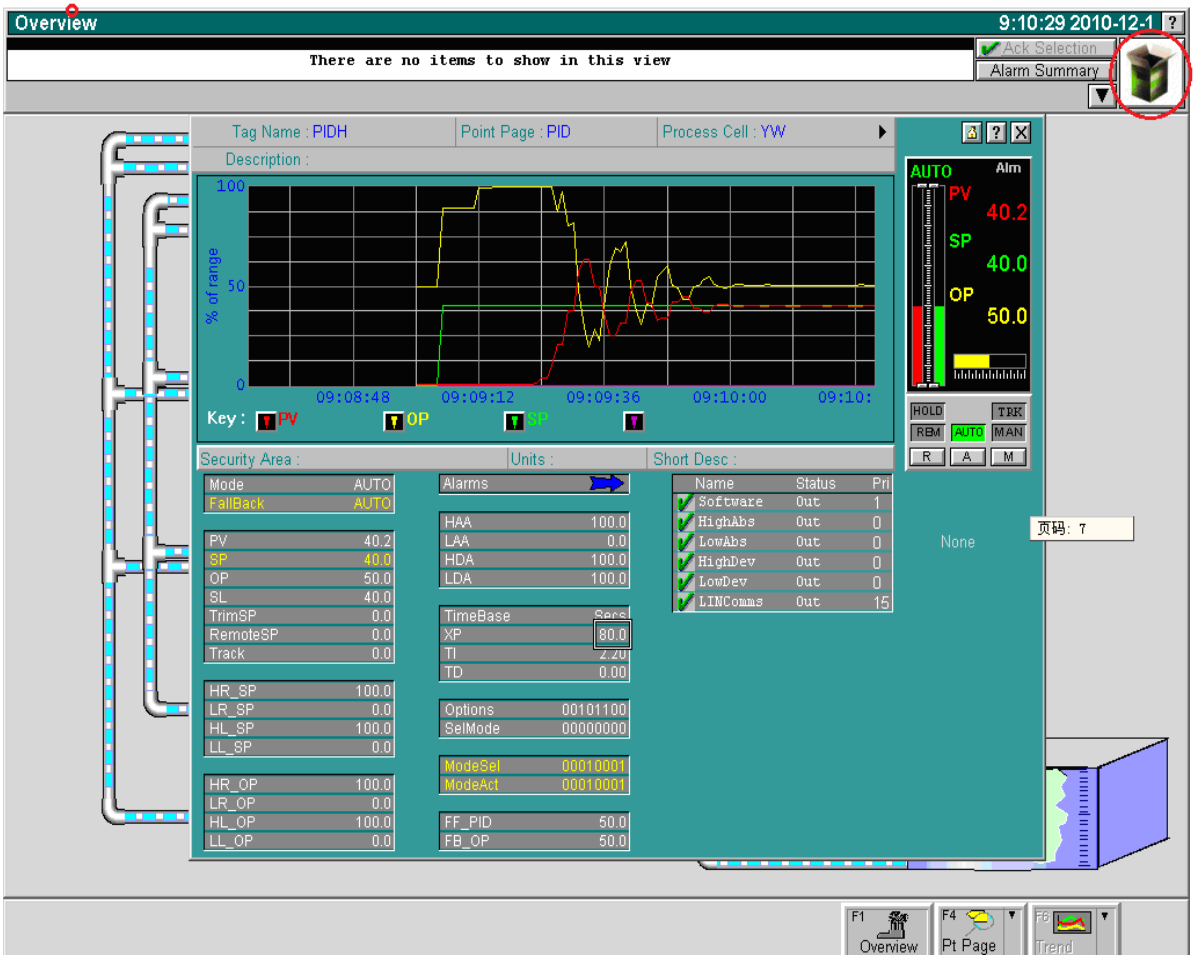
13．把“变频器输入”旁边的扭子开关拨到信号控制的位置，观察 PV 值的变化，待系统稳定后，给 SP 一个正向阶跃信号，观察计算机上历史曲线的变化，并对 PID 参数进行修正，记录并处理历史曲线。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：

XP=80　　（参考值）（比例增益）
Ti=2.2　　（参考值）（积分时间　秒）
Td=0　　（参考值）（微分时间　秒）
Sp　　（计算机控制给定值）
OP　（计算机输出值）
PV　　（计算机检测值）

在做完实验后,如下图点击右上角用红色标记的地方，选择“shutdown view”关闭此实验项目



注：上述方法不能关闭全部运行的程序，关闭本实验方法是在开始菜单中选择 Foxboro a2/shutdown.，然后在启动其它工程时最好将计算机系统注销一下。

实验二　温度单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路温度控制系统，并应用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

二、实验系统流程图

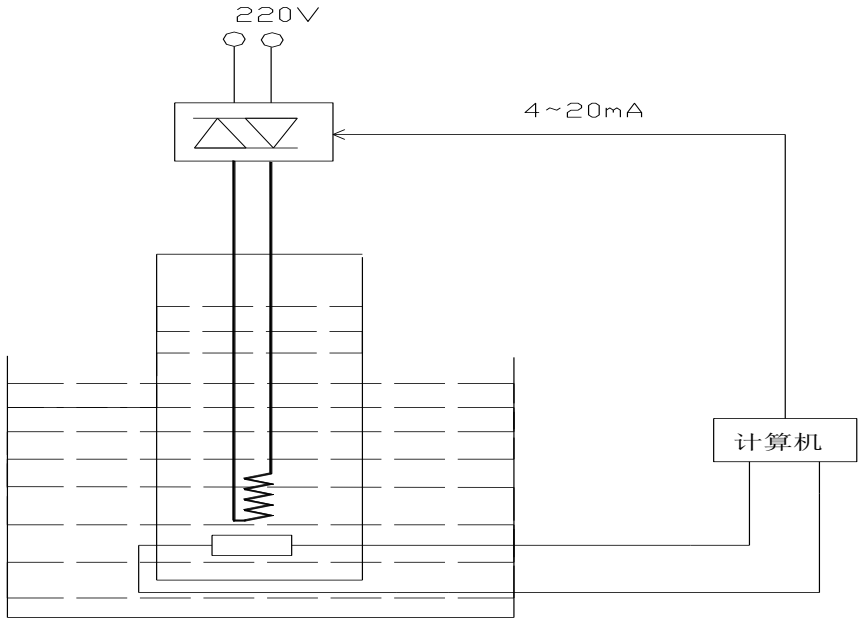
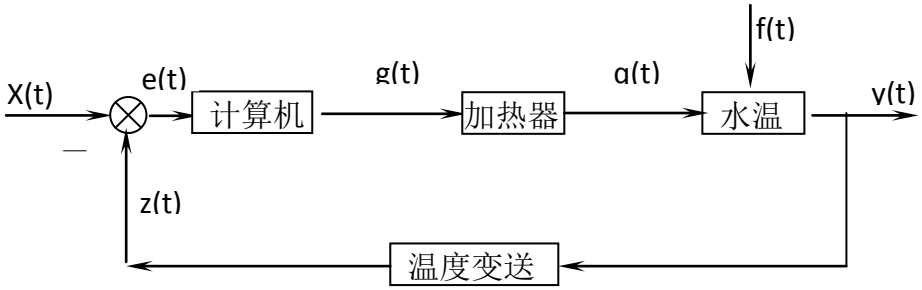


图 4.4　温度单闭环实验流程图

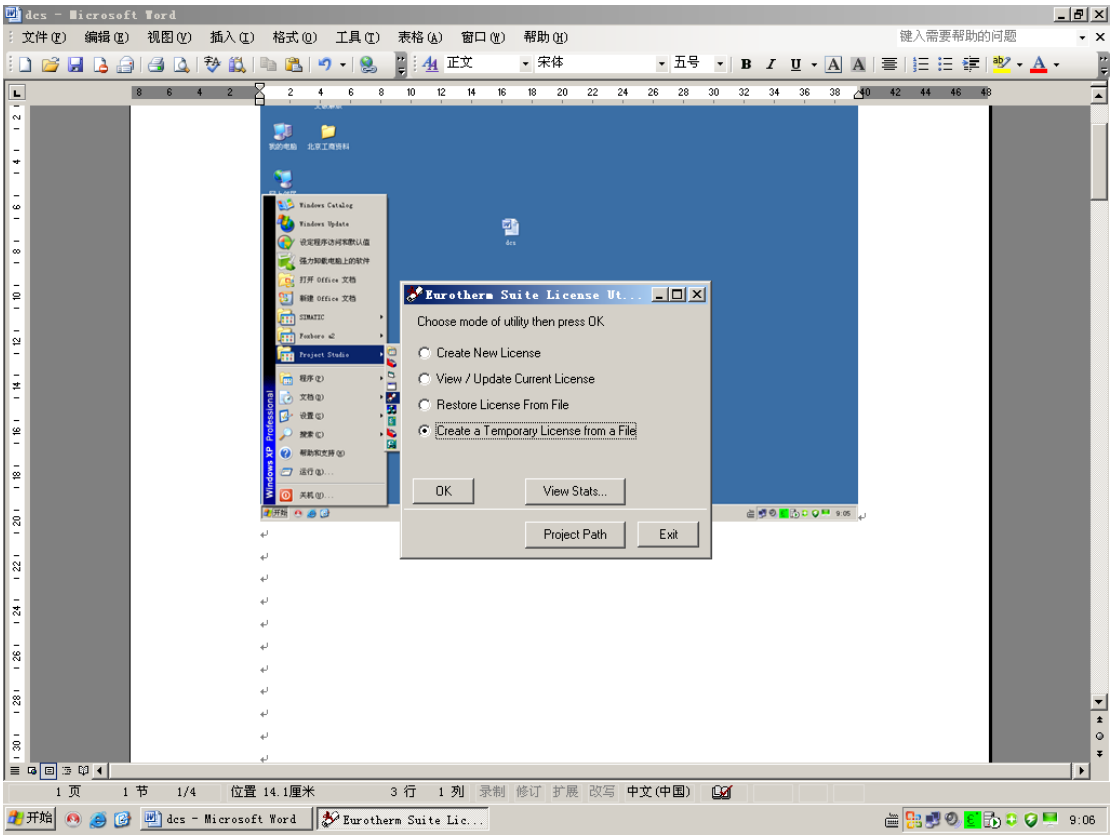
三、实验框图



计算机控制温度单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

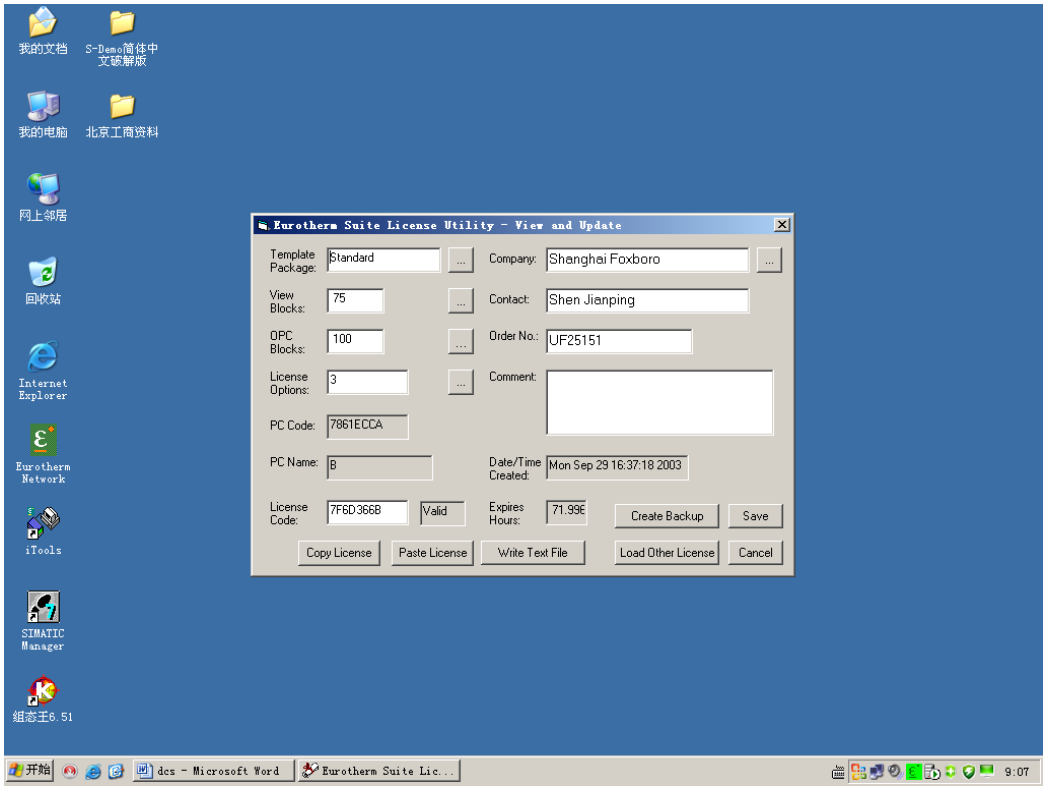
1. 根据实验系统流程图了解压力单闭环控制系统。
2. 按实验框图将实验导线接好，将阀门全部关闭。
3. 合上总电源控制开关和控制 DCS 电源的船型开关。
4. 点击开始按扭后,运行在开始菜单里选择 Project Studio\LicenseUtility,出现如下界面：

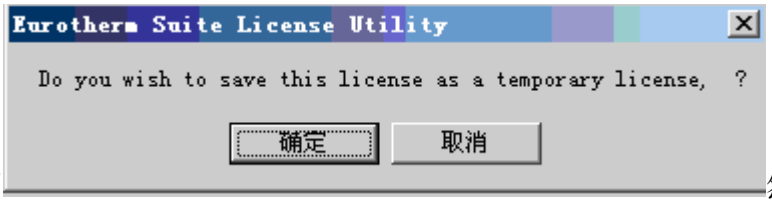


5 选择“ Create a Temporary License from a File” 点击“OK”即可。

6 在弹出的对话框里

把“a:\”改为“c:\”点击“OK”。



7.点击“Save”

然后点击“确定”，后点击“cancel”推出即可。

8．运行在开始菜单里选自择 Project Studio\Active Project Properties 工租管理器界面中，点击

按扭，选择 EUROPS\WD\ Project 对象。

9. 点击打开按扭,再点击确定按扭。

10. 点击

按扭后，点击 Foxboro a2\Startup 按扭，进入压力单闭环实验对象特性测试及控制实验界面。

11. 点击

按扭，点击 PIDP 按扭。

12. 点击 PID 设定中的 SP 进行数据输入，同时按照参数设置里的数值设置 PID。

13．把“变频器输入”旁边的扭子开关拨到信号控制的位置，观察 PV 值的变化，待系统稳定后，给 SP 一个正向阶跃信号，观察计算机上历史曲线的变化，并对 PID 参数进行修正，记录并处理历史曲线。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：（进入加热器水的流量为 9%）

PIDT 参考参数

XP=250　（参考值）（比例增益）

Ti=20　（参考值）（积分时间　秒）

Td=1.5　（参考值）（微分时间　秒）

Sp=80　（计算机控制给定值）

OP　（计算机输出值）

PV　（计算机检测值）

在做完实验后,关闭试验项目和上述压力单闭环实验一样。

注：上述方法不能关闭全部运行的程序，关闭本实验方法是在开始菜单中选择 Foxboro a2/shutdown.，然后在启动其它工程时最好将计算机系统注销一下。

实验三　液位单闭环实验

一、实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路单容液位，并采用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

二、实验系统流程图

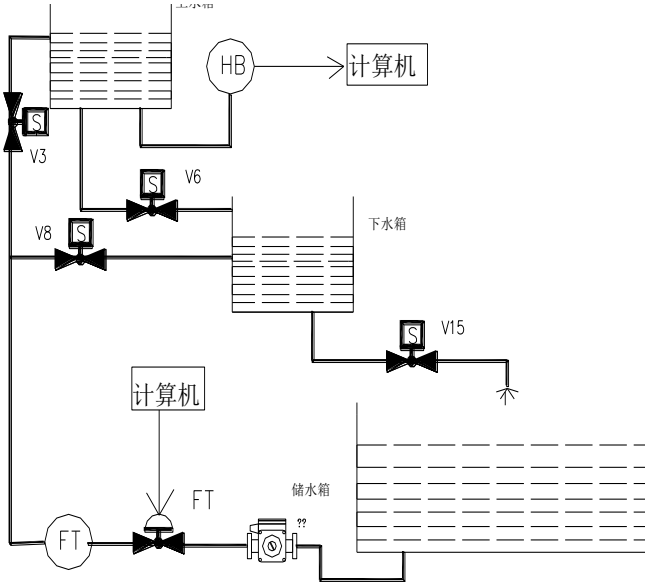
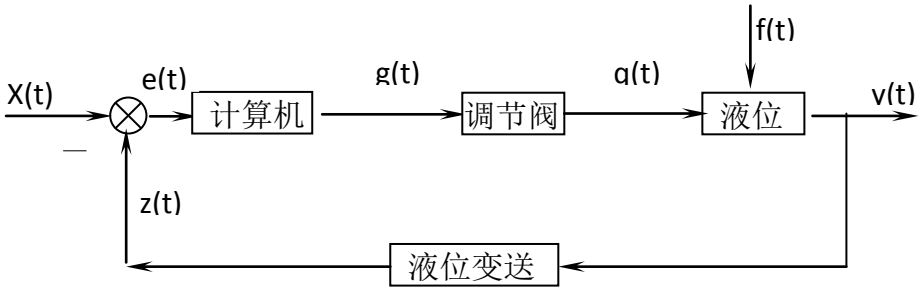


图 4.7　上水箱液位闭环实验流程图

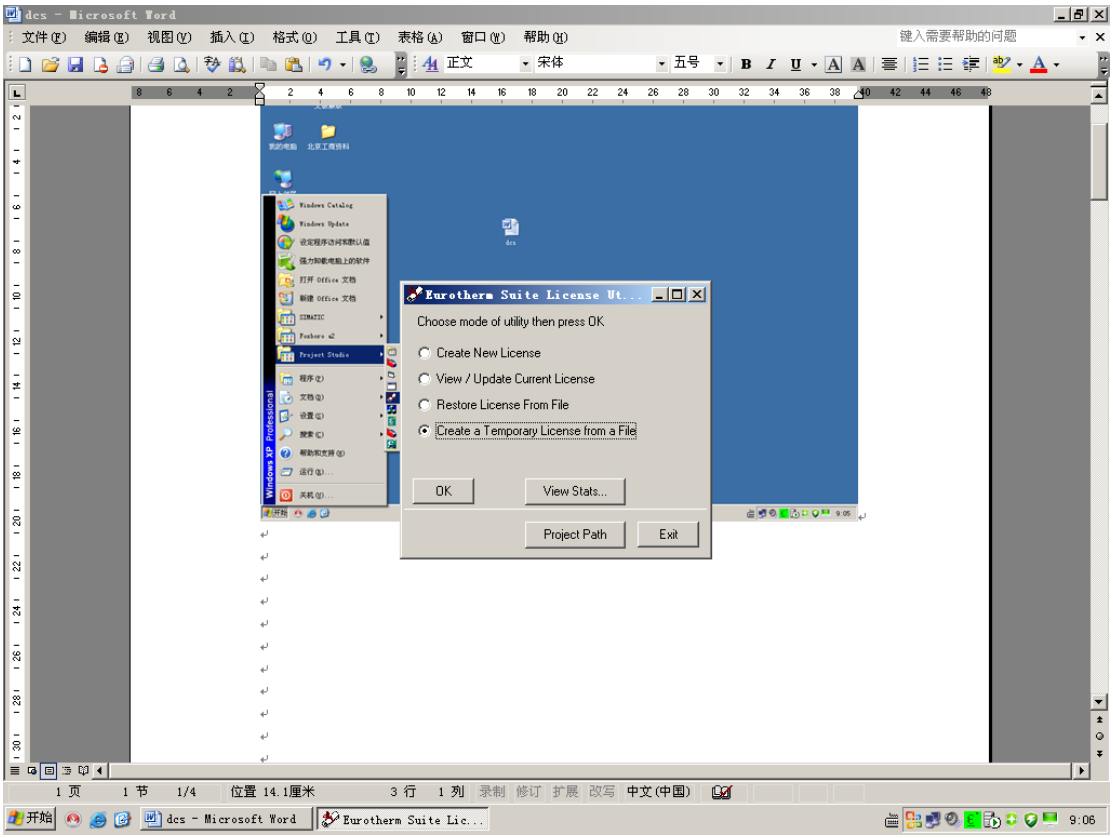
三、实验框图



计算机控制液位单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

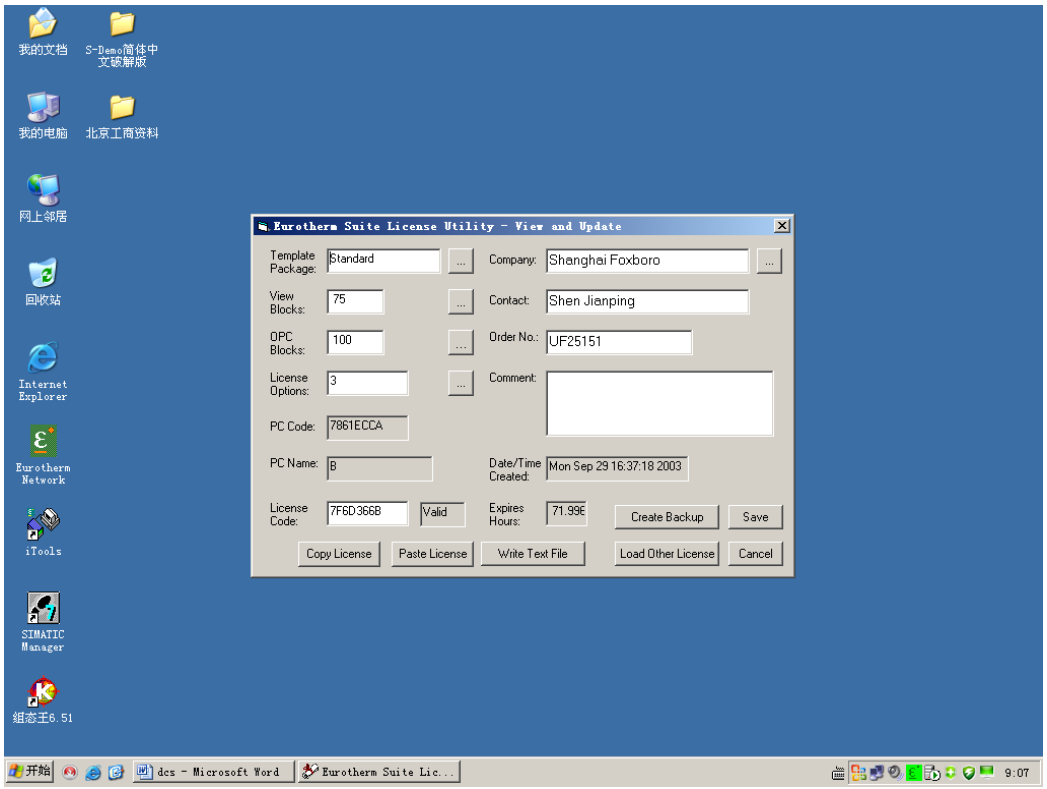
1. 根据实验系统流程图了解压力单闭环控制系统。
2. 按实验框图将实验导线接好，将阀门全部关闭。
3. 合上总电源控制开关和控制 DCS 电源的船型开关。
4. 点击开始按扭后,运行在开始菜单里选择 Project Studio\LicenseUtility,出现如下界面：

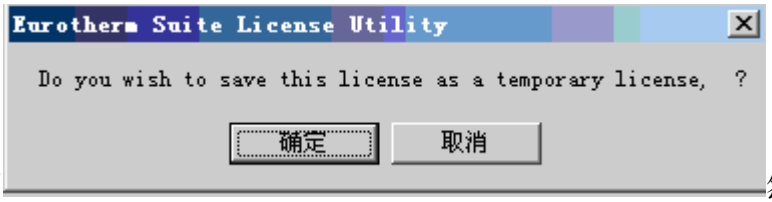


5 选择“ Create a Temporary License from a File” 点击“OK”即可。

6 在弹出的对话框里

把“a:\”改为“c:\”点击“OK”。



7.点击“Save”

然后点击“确定”，后点击“cancel”推出即可。

8．运行在开始菜单里选自择 Project Studio\Active Project Properties 工租管理器界面中，点击

按扭，选择 EUROPS\WD\ Project 对象。

9. 点击打开按扭,再点击确定按扭。

10. 点击

按扭后，点击 Foxboro a2\Startup 按扭，进入压力单闭环实验对象特性测试及控制实验界面。

11. 点击

按扭，点击 PIDP 按扭。

12. 点击 PID 设定中的 SP 进行数据输入，同时按照参数设置里的数值设置 PID。

13．把“变频器输入”旁边的扭子开关拨到信号控制的位置，观察 PV 值的变化，待系统稳定后，给 SP 一个正向阶跃信号，观察计算机上历史曲线的变化，并对 PID 参数进行修正，记录并处理历史曲线。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：

参考值参数 PIDH

XP=68　　（参考值）（比例增益）

Ti=1.5　　（参考值）（积分时间　秒）

Td=0　　（参考值）（微分时间　秒）

Sp　　（计算机控制给定值）

OP　（计算机输出值）

PV　　（计算机检测值）

在做完实验后,关闭试验项目和上述压力单闭环实验一样。

注：上述方法不能关闭全部运行的程序，关闭本实验方法是在开始菜单中选择 Foxboro a2/shutdown.，然后在启动其它工程时最好将计算机系统注销一下。

实验四　　流量单闭环实验

一．实验目的：

通过实验掌握单回路控制系统的构成。学生可自行设计，构成单回路流量控制系统，并应用临界比例度法、阶跃反应曲线法和整定单回路控制系统的 PID 参数，熟悉 PID 参数对控制系统质量指标的影响，用计算机进行 PID 参数的调整和自动控制的投运。

二．实验系统流程图

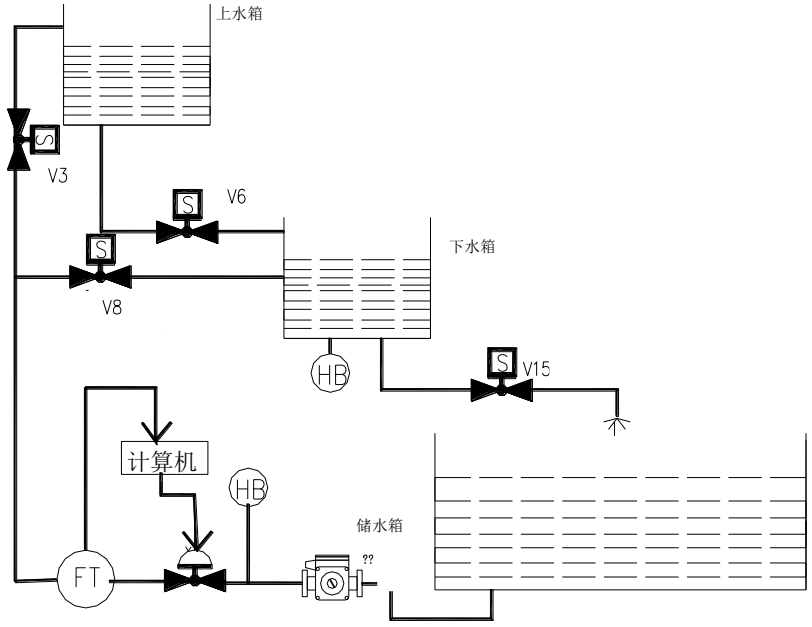
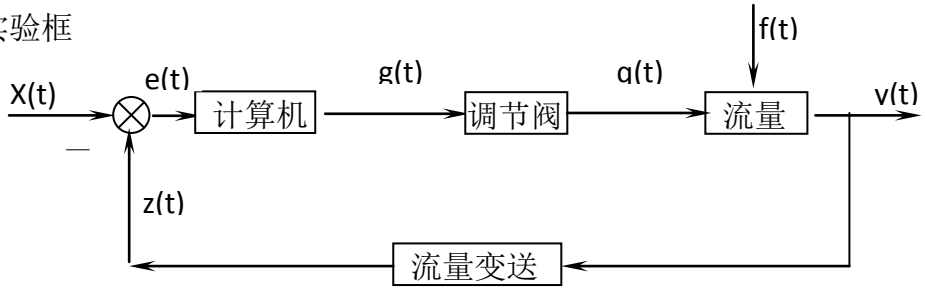


图 4.9　　调节阀流量特控制实验流程图

三、实验框



计算机控制流量单闭环控制系统的框图

四、实验步骤：

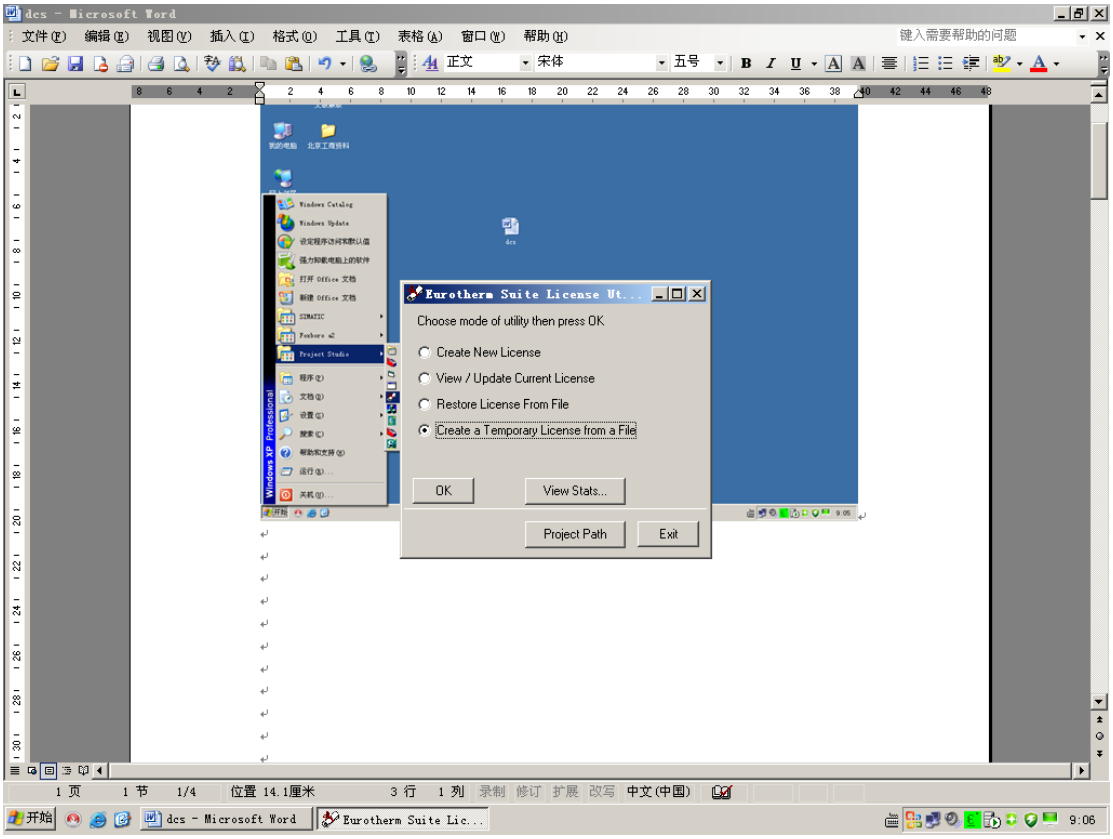
1. 根据实验系统流程图了解压力单闭环控制系统。

2．按实验框图将实验导线接好，将阀门全部关闭。

3. 合上总电源控制开关和控制 DCS 电源的船型开关。

4．点击开始按扭后,运行在开始菜单里选择 Project Studio\LicenseUtility,出现如

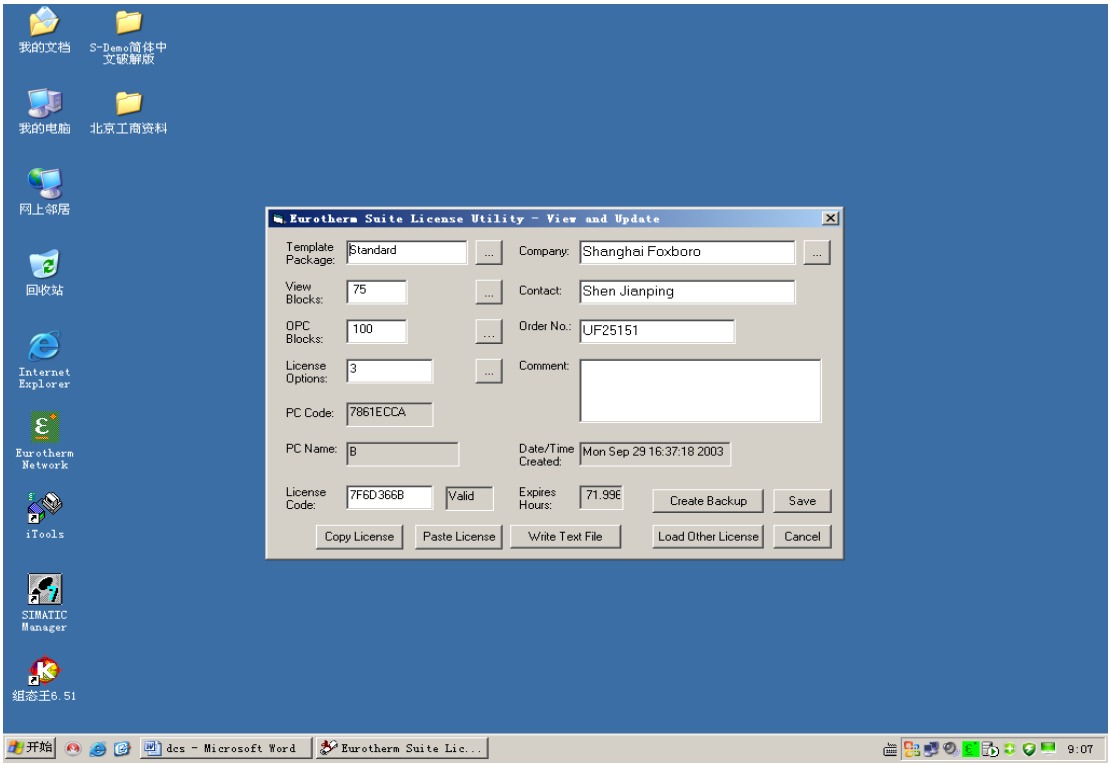
下界面：

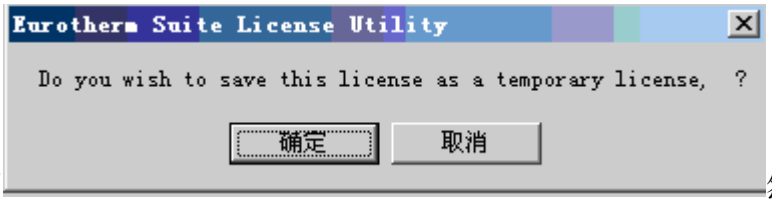


5 选择“ Create a Temporary License from a File” 点击“OK”即可。

6 在弹出的对话框里

把“a:\”改为“c:\”点击“OK”。



7.点击“Save”

然后点击“确定”，后点击“cancel”推出即可。

8．运行在开始菜单里选自择 Project Studio\Active Project Properties 工租管理器界面中，点击

按扭，选择 EUROPS\WD\ Project 对象。

9. 点击打开按扭,再点击确定按扭。

10. 点击

按扭后，点击 Foxboro a2\Startup 按扭，进入压力单闭环实验对象特性测试及控制实验界面。

11. 点击

按扭，点击 PIDP 按扭。

12. 点击 PID 设定中的 SP 进行数据输入，同时按照参数设置里的数值设置 PID。

13．把“变频器输入”旁边的扭子开关拨到信号控制的位置，观察 PV 值的变化，待系统稳定后，给 SP 一个正向阶跃信号，观察计算机上历史曲线的变化，并对 PID 参数进行修正，记录并处理历史曲线。

五、计算机的参数设置

其需要设置的参数如下：

参考值参数 PIDL

XP=150　　（参考值）（比例增益）

Ti=5　（参考值）（积分时间　秒）

Td=0　　（参考值）（微分时间　秒）

Sp　　（计算机控制给定值）

OP　（计算机输出值）

PV　　（计算机检测值）

附录

第二篇　软件部分

、

目录

第一章　软件的调试及运行……69
第一节　软件的复制……69
第二节　软件的调试……69
第三章　工程项目的运用……71
第一节　工程的激活……71
第二节　工程的运行……72

第一章　软件的调试及运行

第一节　软件的复制

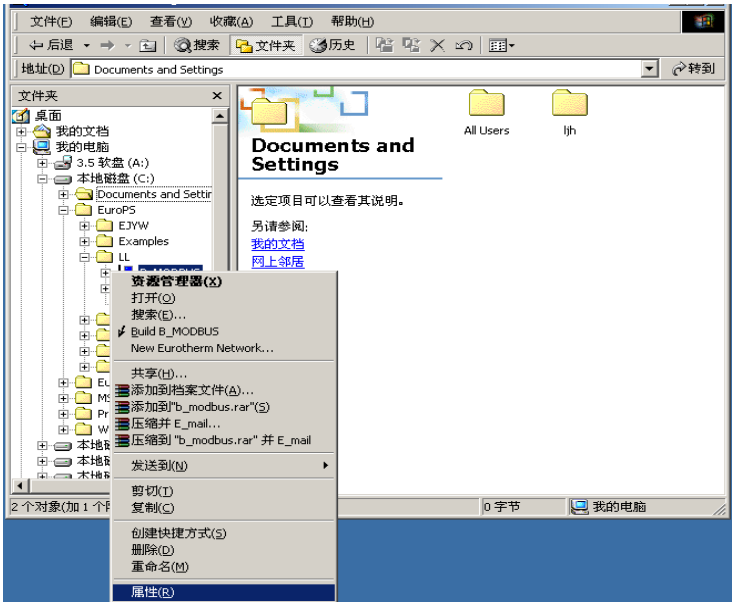
我公司开发的控制软件包的名称是 **EUROPS**，由于 **FOXBORO** 公司的软件是只能安装在一台机器上，所以控制软件包 **EUROPS** 在复制的过程中属性要发生改变，不能直接将软件包 **EUROPS** 从一台机器复制到另一台机器或者是一个磁盘复制到另一个磁盘。因此在文件的复制过程中要将文件压缩，只能移动压缩文件。

将压缩的文件复制到 **C** 盘，然后在 **C** 盘解压。

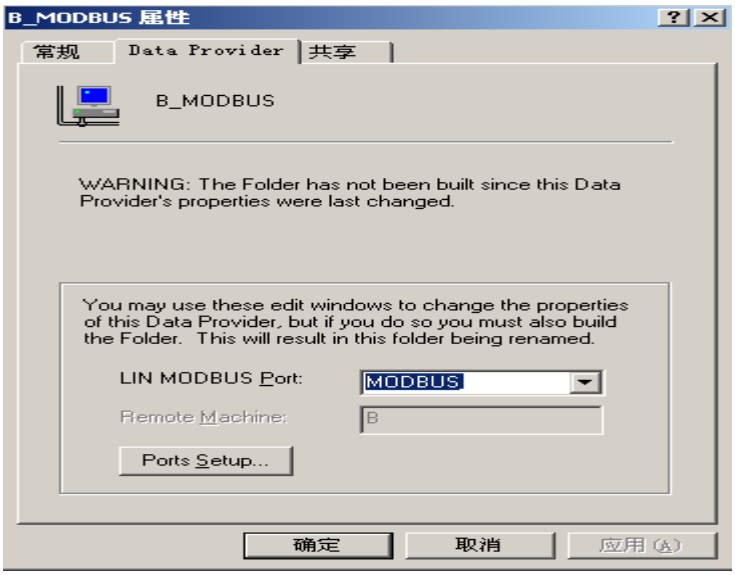
第二节　软件的调试

打开文件 **EuroPs** 下的每个实验项目，

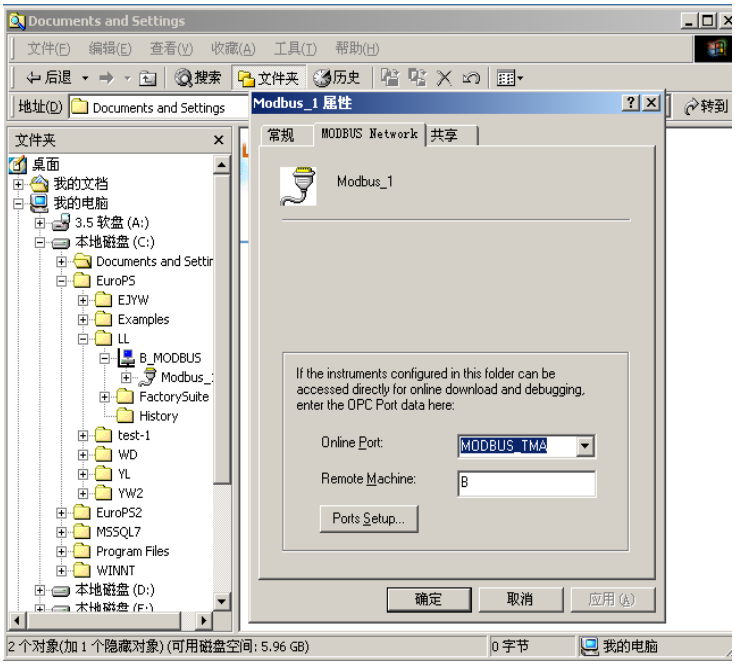
例如 第一步压力流量实验 **LL/B-MODBUS** 属性。



点击 **Data　Provider** 选项卡。



在 **LIN MODBUS—Port** 中是否有 **MODBUS**，如果没有请输入 **MODBUS**，点击确定。
进入流量实验 **LL/B-MODBUS/modbus_1** 属性，选择 **MODBUS Network** 选项卡。



Online Port 中选择 **MODBUS_TMA,** 在 **Remot Machine** 中选择 **B**。点击确定。
在 **EUROPS** 目录下选流量实验文件夹点击右键选择 **Build ll.**

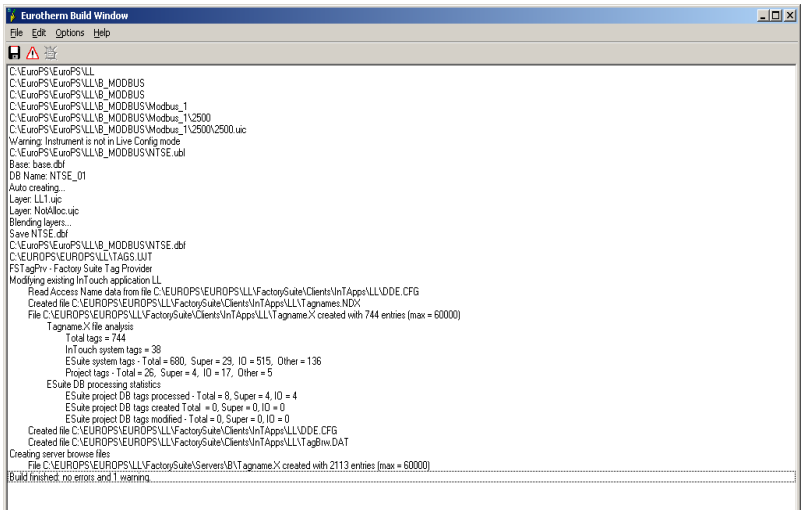


图 1.1　Build ll　成功

重新启动计算机，调试完毕。

第二章　工程项目的运用

第一节　工程的激活

在开始菜单中打开 **Project studio/Active project properties**。

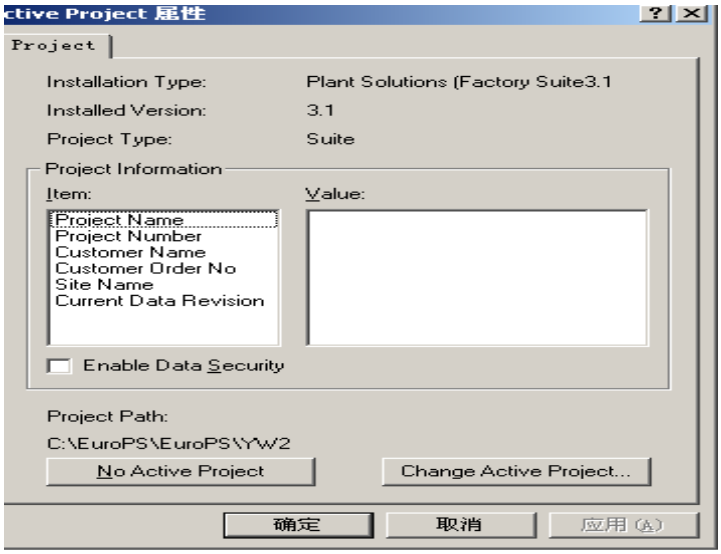


图 1.1　工程的加入

点击 **Change Active Project,**
选择要打开的工程。

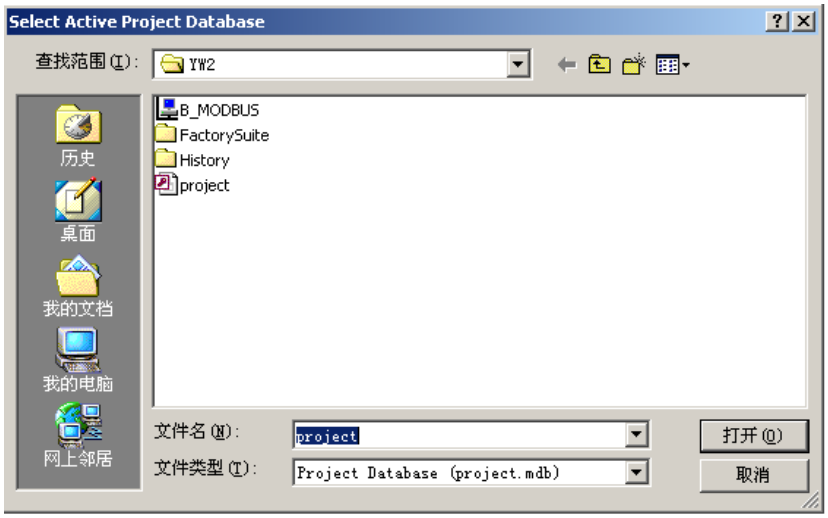


图 1.2　工程路径的选择

点击打开，点击确定即可。

第二节　工程的运行

在开始菜单中点击　**Foxboro a2/Startup** ，工程开始运行。



图 1.3　INTOUCH 运行界面

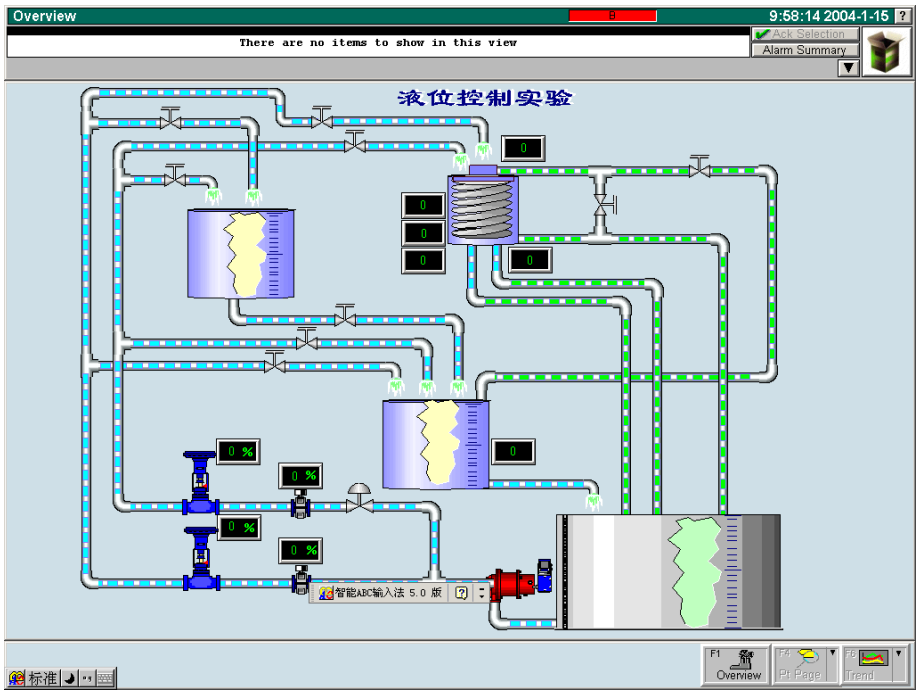


图 1.4　工程仿真图

点击 Pt page 显示的页面为：

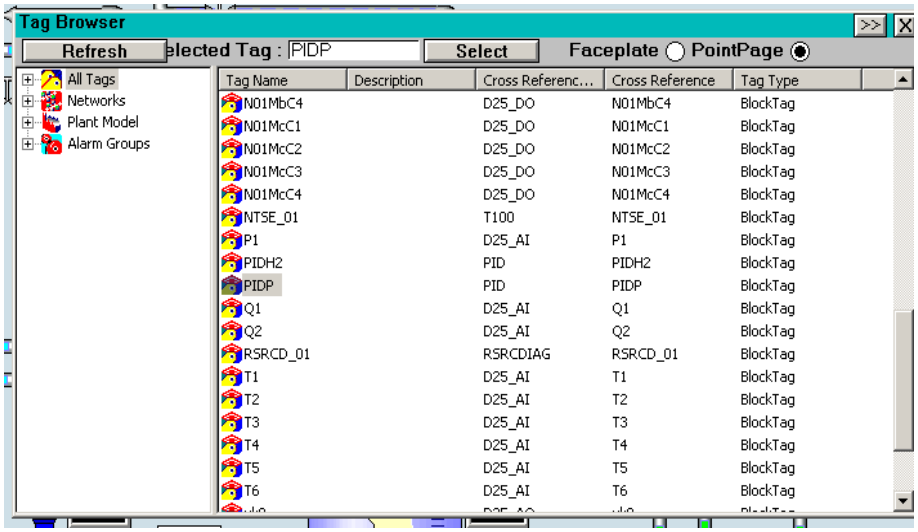


图 1.5　PID 参数窗口

其中 PIDP 为本实验中压力控制的 PID 设定图，PIDH2 为液位设定图，双击 PIDP 则进入压力控制 PID 设定界面。

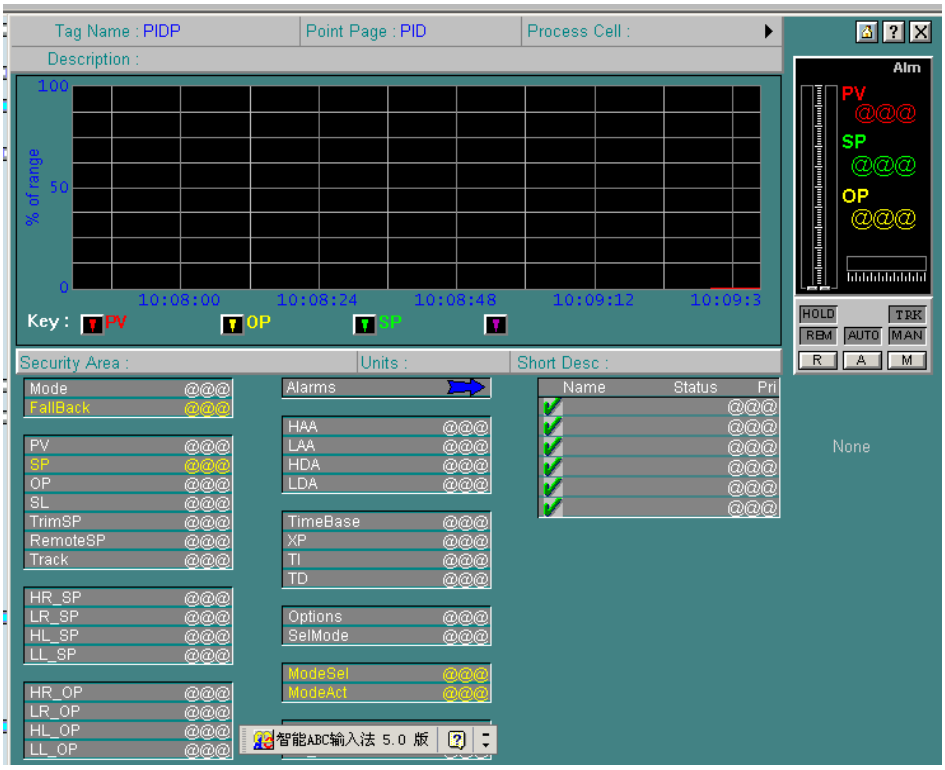


图 1.6　　PID 设定和时实曲线显示界面

PV 为检测值，SP 为给定值，OP 为计算机输出值，XP 为比例度，TI 为积分时间，TP 为微分时间。点击 A 进入自动控制控制，点击 M 进入手动控制。点击主页点击 Pt page/Tag Browser 选择其它控制参数。点击 Trend/load other 进入历史曲线界面。

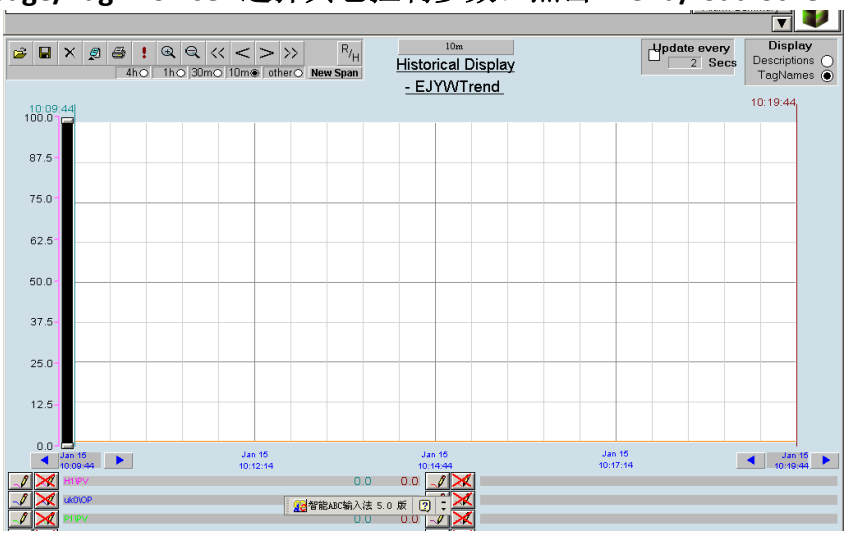


图 1.7　　历史曲线界面

点击 R/H 进入时实曲线界面。

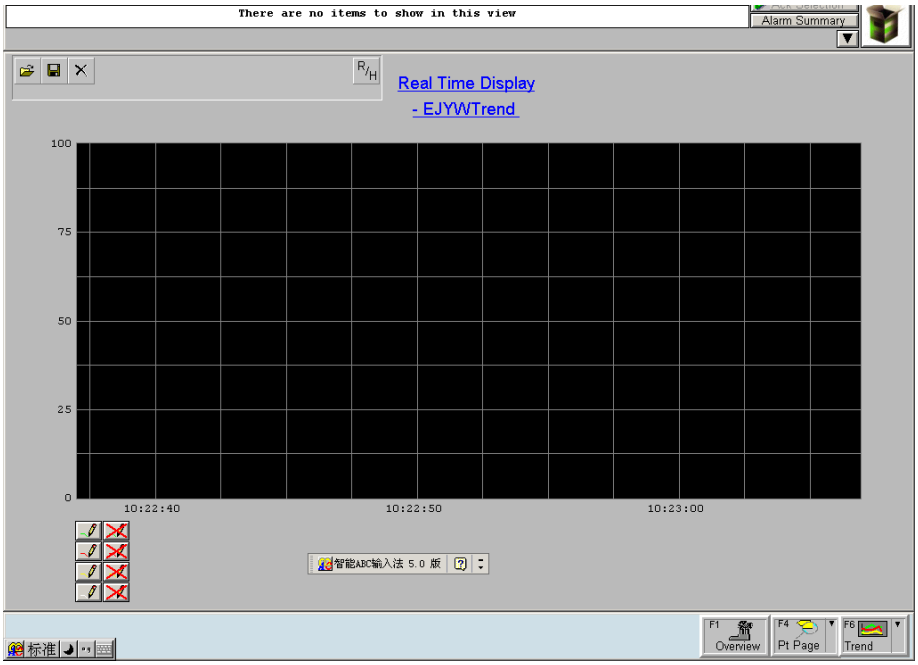


图 1.8　时实曲线界面

关闭本实验方法是在开始菜单中选择 **Foxboro a2/shutdown.** 由于这样不能关闭全部运行的程序，所以在启动其它工程时最好将计算机系统注销一下。

单回路实验 **PID** 参考值如下：

压力控制：　P=22、DI=40、D=0

流量控制：　P=100、DI=50、D=0

温度控制：　P=20、DI=30、D=3

液位控制：　P=56、DI=40、D=1

二阶液位：　P=60、DI=30、D=3

试验	xp	TI	TD
上水箱 PIDP	80	2.2	0
上水箱 PIDH	68	0	0
下水箱 PIDP	80	2.2	0
下水箱 $PIDH_2$	55	3	0
流量液位串级 PIDP	40	2.2	0
流量液位串级 PIDQ	100	1	0
流量液位串级 $PIDH_1$	50	1.2	0
流量比值批 PIDP	40	2.2	0
流量比值批 $PIDQ_1$	80	1	0

流量比值批 $PIDQ_2$	80	1	0	
BZC=1				
变比值 $PIDT_6$	K_P=80	1	40	
变比值 $PIDT_1$	K_P=80	2	0	
变比值 $PIDQ_1$	80	1	12	
变比值 $PIDQ_2$	30	0.6	0	
BZC	K_P=60	1		
SMITH 试验 POIDP	40	2	0	
SMIT 试验 $POIDT_5$	60	2	40	
SMIT 试验 $POIDQ_1$	80	1	12	
解耦 $PIDT_1$	60	1	0	
解耦 PIDT2	50	0.8	0	
前馈反馈 $PIDH_2$	100	4	0	
	Q_{KC}=1			
温度单闭环 PIDP	40	2.2	0	
温度单闭环 PIDL	100	4	0	DO0,DO8
温度单闭环 PIDT	250	20	1.5	
流量单闭环 PIDP	40	2.2	0	DO3,DO9
流量单闭环 PIDL	150	5	0	
二阶液位 PIDP	35	0.4	0	
二阶液位 PIDH	80	2	0	Do2,Do9
一阶液位 PIDP	40	2.2	0	
一阶液位 PIDH	40	2.5	0	