

SMPT 流程行业自动化工程综合实训系统 使用说明书

目录

一、产品简介	1
1.1 工业生产场景平台	1
1.2 工业集散控制系统（DCS）	2
1.3 工业虚拟仿真软件包	3
二、开始实验	5
2.1 启动 SMPTLab 软件	5
2.2 打开工程文件	6
2.3 自定义工艺参数	7
2.4 选择阀门受控方式	9
2.5 使用 SMPTLab 内置控制系统	10
2.5.1 单回路反馈控制系统的组态	12
2.5.2 串级控制系统的组态	17
2.6 添加趋势曲线	18
2.7 仿真运行、暂停及置冷态	21
2.8 保存运行结果	21
三、使用智能评分系统组件评估运行结果	22
3.1 评分系统简介	22
3.2 配置评分系统	23
附录 1 工艺对象说明	29
附录 2 端子排接线方式连接 DCS/PLC 控制系统	32
附录 3 Profibus-DP 通讯方式连接 DCS/PLC 控制系统	36
附录 4 以太网通讯方式连接 DCS/PLC 控制系统	41
附录 5 OPC 通讯方式配置说明	50
附录 6 SMPT1000 VB 通讯方式配置说明	62
附录 7 对外通讯变量地址列表	71

一、产品简介

流程行业自动化工程综合实训系统运用高精度动态仿真技术，将实际工业装置的各种对象特性用数字化手段完整地在小型化半实物实验装置上得到再现。

可以开展对象特性分析、控制方案设计、系统实施、优化调度、节能减排等多专业复合型实验。同时由于实验对象特性与工业装置完全一致，多种信号与通讯方式、数十个检测点与十多个执行机构可以允许学生自由地设计、探索各种控制算法与方案，真正实现新工科对“多学科交叉复合知识”、“复杂工程问题解决能力”、“创新能力”等培养要求。

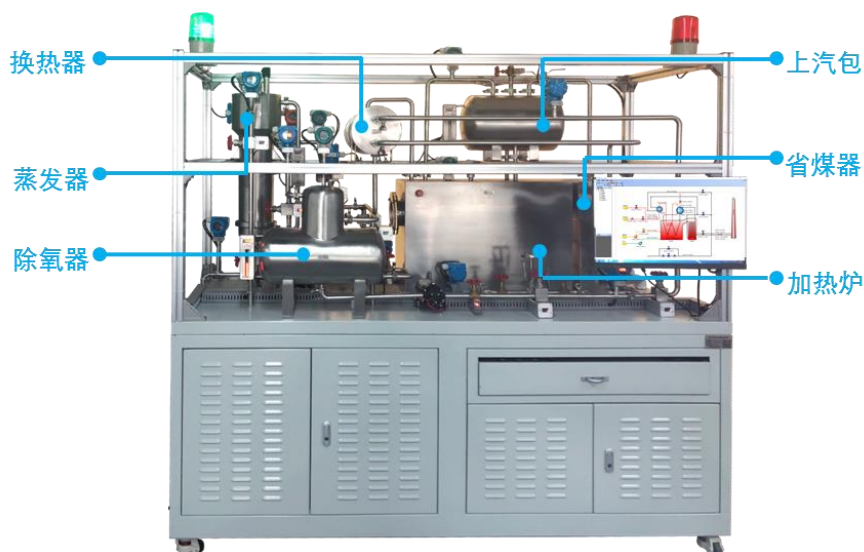
本系统实物如下图所示，由工业生产场景平台、工业集散控制系统（DCS）、工业虚拟仿真软件包三部分组成。工业生产场景平台模拟现场生产环境，包含设备、仪表、机泵、阀门等；工业集散控制系统配置了西门子 S7-400 控制器和 ET200M 远程分布式 I/O 设备；工业虚拟仿真软件包提供工程对象数据引擎、教学辅助功能模块、智能评分系统、数据对外通讯接口等。



1.1 工业生产场景平台

工业生产场景平台涵盖了流量、温度、压力、液位、组分五大工业过程变量，构建了贴近真实工业生产的教学环境，让学生切实感受到空间布局、操作力度和生产过程特性。平台包含了大气式除氧器、列管式换热器、上汽包、加热炉、蒸发器、锅炉等主要生产设备；离心泵、鼓风机、挡板等执行机构和流量、温度、压力、液位、组分等过程检测仪表。

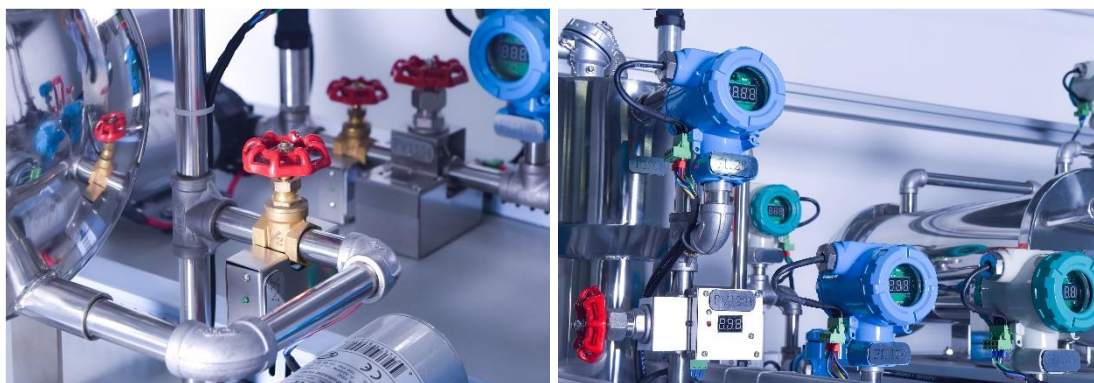
工业生产场景平台如下图所示：



主设备包括：卧式除氧器、列管式换热器、盘管式省煤器、上汽包、加热炉本体、蒸发器。

执行机构包括：2 台离心泵、1 台风机、12 个特性可变调节阀、5 个开关阀。

检测部分包括：3 台液位指示仪、9 台数字变送器、若干传感器外形和若干管路系统。



辅助操作台提供泵及点火等手动按钮、关键变量报警蜂鸣、联锁保护及紧急停车按钮。

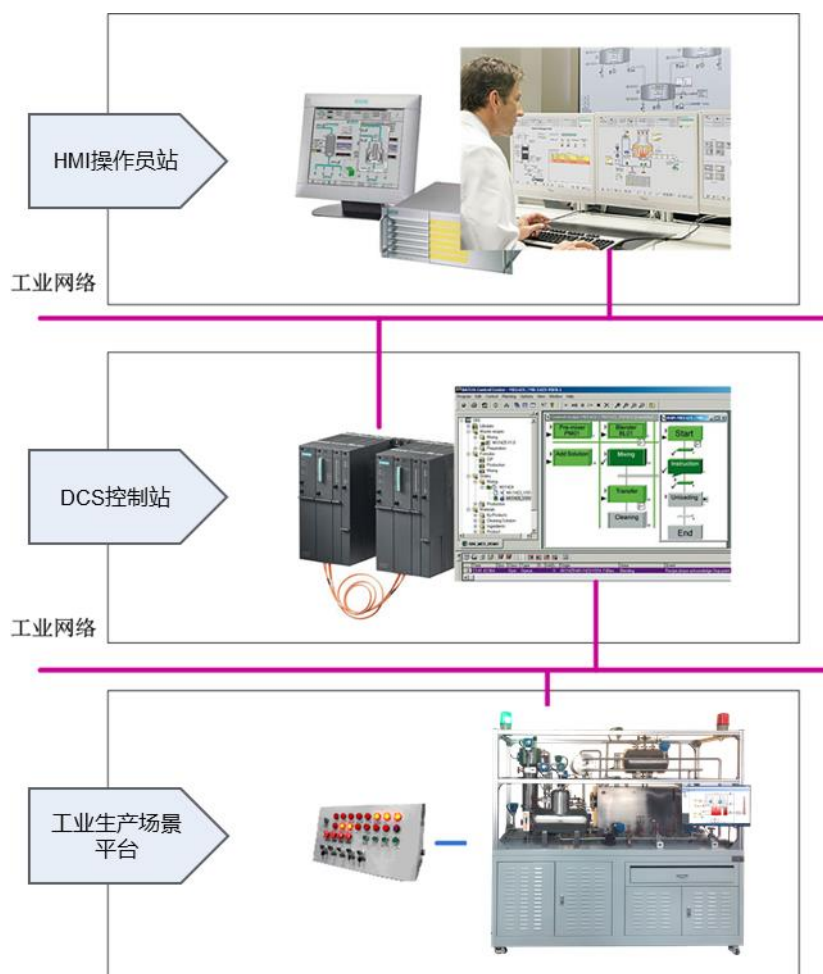
对外接口功能除常规的 4-20mA 模拟量信号外，还提供 DI/D0、Profibus DP、Ethernet 接口。

1.2 工业集散控制系统（DCS）

结合工业生产场景的规模和控制需求，本系统选用西门子（SIEMENS）公司的 S7-400 控制器作为集散控制系统（DCS），相应配套 SIMATIC PCS7 软件系统作为工程组态软件。具体包括：

- 控制器：S7-400 PLC
- 工程组态软件：PCS7，符合 IEC 61131-3 标准的控制器组态
- 远程 I/O：AI/AO、DI/D0、PROFIBUS DP 端口
- HMI：WINCC 组态软件

整个系统的逻辑图如下所示，可进行各类信号、控制、网络及诊断等内容的实验教学。

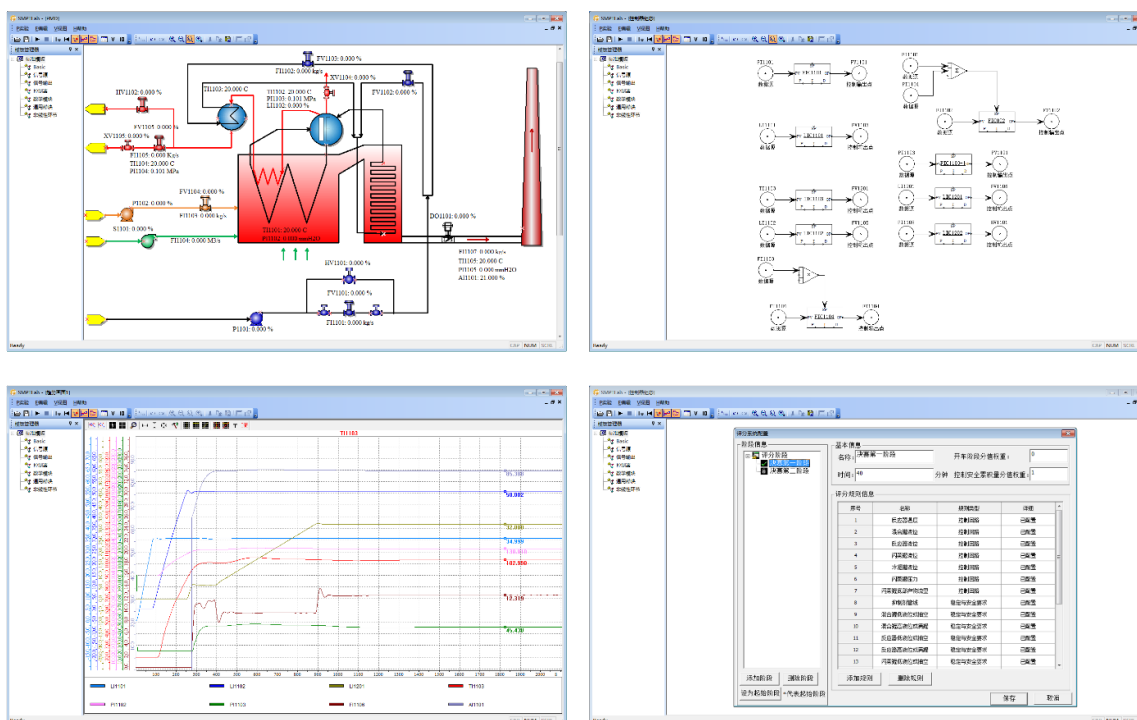


1.3 工业虚拟仿真软件包

工业虚拟仿真软件包由工艺流程模型、工艺流程仿真软件、以太网及 ProfibusDP 等对外通讯接口，共三部分组成。

- (1) **工艺流程模型**：支持水罐、除氧器、换热器、蒸发器、加热炉和工业锅炉等水汽热能系统相关的工艺流程模型，以及公开发布的反应器竞赛对象。
- (2) **工艺流程仿真软件**：是整个软件包的核心，采用构架式软件设计，基于动态仿真引擎、结合工艺机理和人工智能技术开发。包含以下模块：
 - **动态引擎模块**：内部逻辑能够模拟各类工况下的系统响应，可覆盖工业生产过程的全流程状态。支持工艺过程切换、对设备参数及阀门属性等进行自定义设计，
 - **内置控制系统模块**：支持控制回路设计和 PID 参数整定等，
 - **趋势画面组件**：在仿真运行时记录实时数据，可监测仪表阀门数据随时间的变化趋势；
 - **智能评分系统**：可根据评分规则客观给出成绩，从而验证控制策略和评估控制效果。
- (3) **对外通讯接口**：支持通过以太网通讯、ProfibusDP 通讯、4-20mA 等模拟量通讯等方式，连接真实工业控制器；或是经过 OPC 协议等进行自定义控制系统开发。

软件界面如下图所示：



二、开始实验

2.1 启动 SMPTLab 软件

双击桌面上的图标启动 SMPTLAB 软件。初始界面如下图所示。



图 2.1

软件的界面分为菜单工具栏、工具管理器及主工作区。

● 菜单工具栏

包括系统菜单、主工具栏、操作工具栏三个工具栏。系统菜单中的功能在工具栏中均有体现，以下主要介绍主工具栏。操作工具栏主要用于内置控制系统，详细介绍见本章第 5 小节。

主工具栏上的按钮：



- 打开按钮：打开已存在的实验工程。
- 保存按钮：保存正在运行的实验工程，同时保存当前的工况。
- 运行按钮：启动当前的实验工程，或从暂停重新恢复运行。
- 停止按钮：中止实验，流程盘台上设备失活，允许包括流程图与控制组态在内的所有窗口的修改。
- 清零按钮：将系统运行时间回复到 T0 时刻，同时清除趋势曲线中所有的历史曲线，以重新开始记录。
- 冷态工况切换按钮：将当前实验项目工况恢复到冷态，即所有设备及工况处于初始状态，但系统运行时间与趋势曲线不变。该功能为用户在实验失败时，快速恢复到原始状态而设置。
- 流程图画面切换按钮：显示/激活/切换到流程图画面。

- 控制组态画面切换按钮 ：显示/激活/切换到控制器组态画面。
- 趋势曲线按钮 ：显示/激活/切换到趋势曲线画面。
- 数据点定义按钮 ：配置 PV 和 MV 数据点的仪表上下限和是否投用
- 按钮 ：显示阀门/挡板控制配置对话框。
- 按钮 ：4~20mA 输入输出数据点设置。

● 工具管理器

包括控制组态需要的基本模板及模块。详见本章第 5 小节。

● 主工作区

包括流程图画面、控制器组态、趋势曲线画面的显示及操作。

2.2 打开工程文件

在工具栏中点击打开工程按钮 ，可打开所有存储在本地的工艺对象。

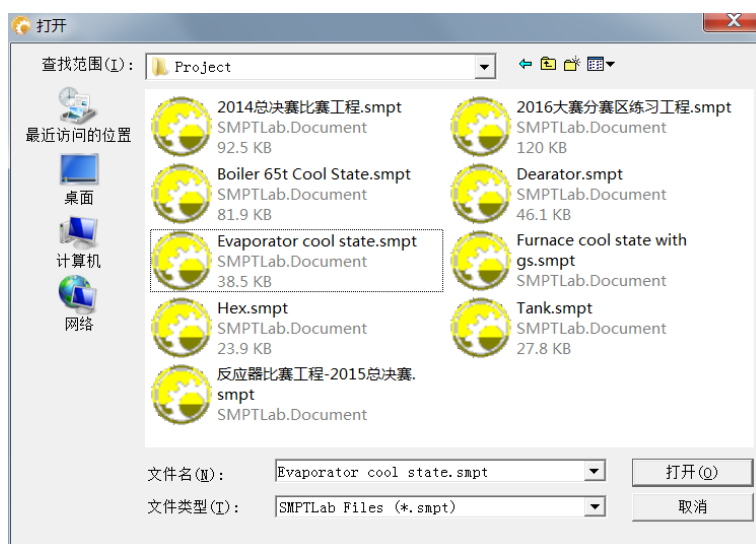


图 2.2

如上图所示，SMPTLab 软件安装路径下的 Project 文件夹中提供了 9 个工程文件，包括储罐（Tank）、除氧器（Dearator）、换热器（Hex）、加热炉（Furnace cool state with fas）、锅炉（Boiler 65t Cool State）及蒸发器（Evaporator）共 6 个水汽热能相关的工程，以及其他 3 个往年比赛用工程。

以加热炉的工程文件为例，打开之后界面如下图所示，主工作区的三个窗口对应流程图、控制器组态以及趋势曲线。

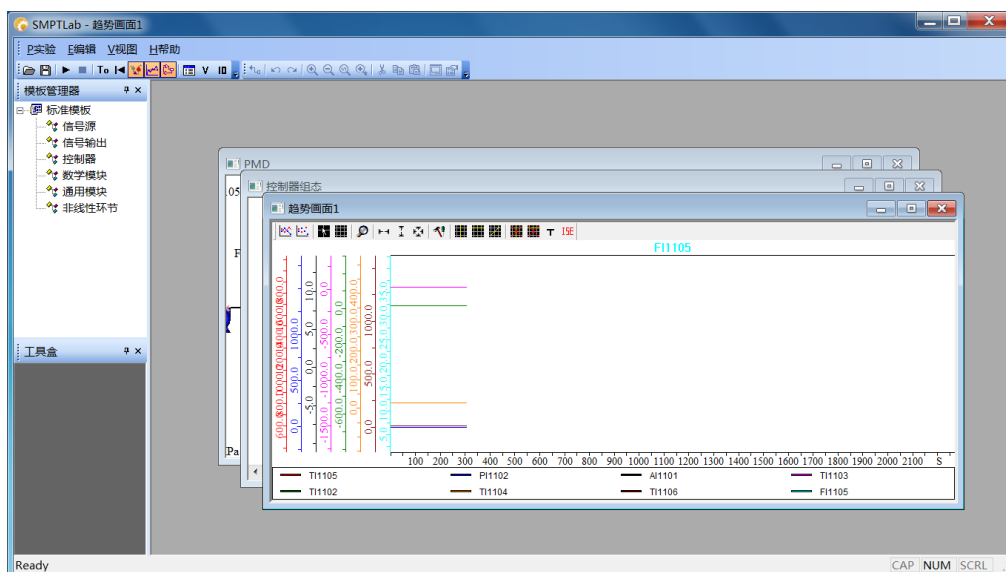


图 2.3

点击工具栏中的  按钮，切换当前窗口至流程图窗口，如下图所示。

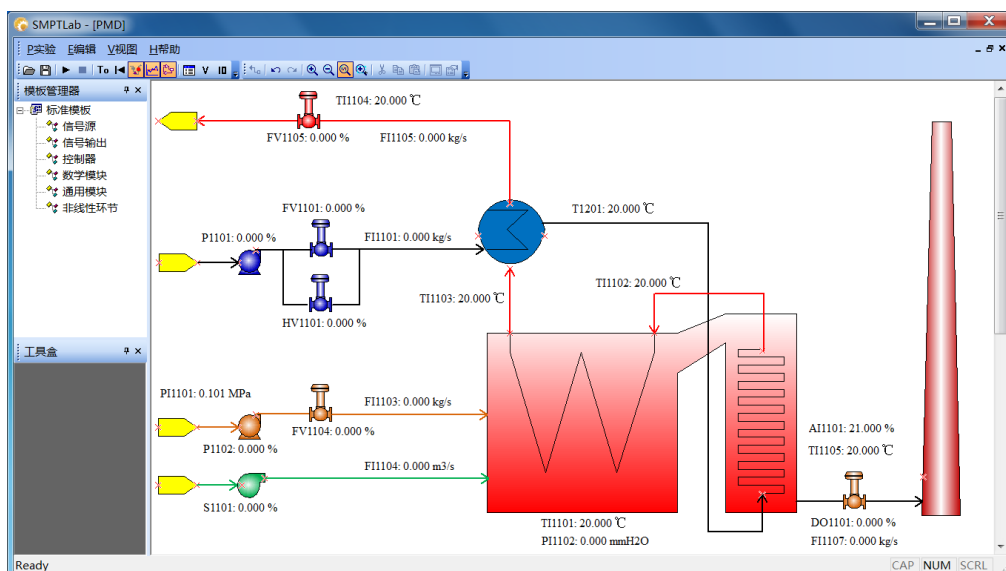


图 2.4

流程图窗口显示了当前实验内容中所涉及的工艺流程，并能在运行时实时观察各个工艺变量以及数据点的实时数据。

2.3 自定义工艺参数

以加热炉对象为例，可以自定义设备参数：加热炉尺寸参数、空气入口参数，换热器各项参数；执行机构参数：阀门和泵、风机的属性；以及界区条件：物料、燃料、空气的温度压力和界区压力。

1) 自定义设备参数

在主工作区流程图窗口中，双击加热炉设备 ，弹出炉膛对话框，如下图所示。可以设置设备尺寸以及空气入口参数，以及实时观察当前的炉膛燃烧状态和点火开关是否已开。

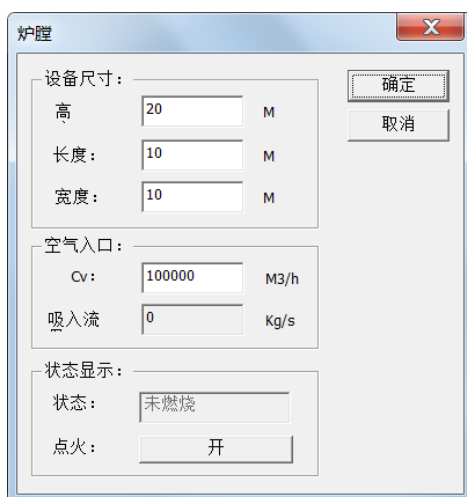


图 2.5

同理，可以双击换热器设备，进行换热器的尺寸及换热参数的设置。

2) 自定义执行机构参数

双击阀门、泵和风机的图标，弹出“阀门/挡板类”对话框，可以对阀门特性、阀门流通能力进行设置。弹出泵的配置对话框，可以对设计扬程进行配置。

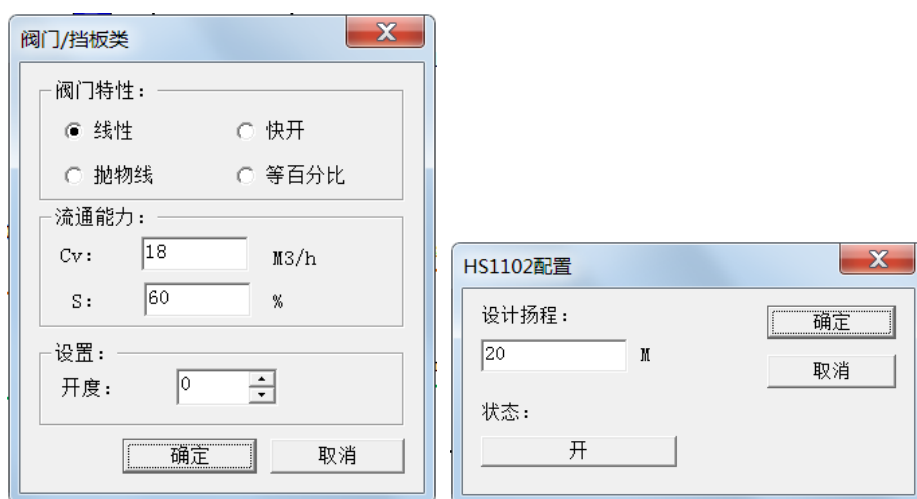


图 2.6

阀门开度、泵风机的开关，以及上文提到的炉膛点火开关，由其所设置的受控方式来决定，是否能直接在对话框中修改数值。

3) 自定义界区条件

双击界区图标，弹出配置对话框，可以对相关参数进行设置。

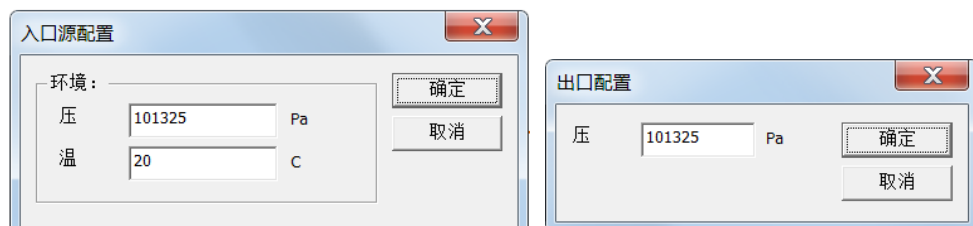


图 2.7

2.4 选择阀门受控方式

本系统支持 7 种控制方式：手操、内控、模拟量信号、ProfiBusDP、OPC、程序控制以及 Ethernet。

点击工具栏上的  按钮，将会弹出阀门/挡板控制配置对话框。在该对话框中可以设置阀门/挡板的控制方式。

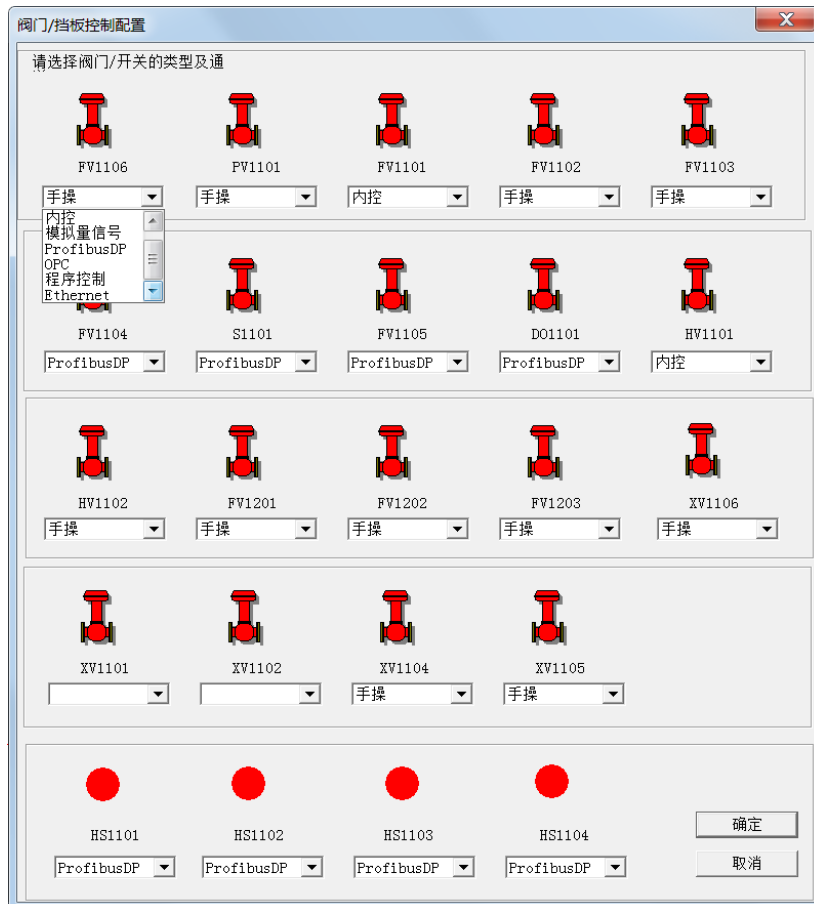


图 2.8

⇒手操

上的双效阀作为手阀使用，可以手工调节。此时，阀门上的红灯处于熄灭状态。

除手操控制方式外，其它所有控制方式下，均不能手工调节阀门开度，阀门上的红灯处于点亮状态。

⇒内控

使用 SMPTLab 提供的控制系统组态工具以及模块库，搭建控制系统。

⇒模拟量信号

通过设备左侧的端子排将 4-20mA 标准信号输出到外部构建的控制系统（如外部 PLC、DCS）；外部控制器的计算结果（OP 值）同样通过端子排返回到盘台上某一控制阀，并控制其开度，形成闭环调节回路。

⇒ ProfiBusDP

通过设备左侧提供的 ProfiBusDP 接口，与支持 ProfiBusDP 通讯协议的外部控制器（如 SIMATIC S7-300、SIMATIC PCS7）进行数据交换。

⇒ OPC

系统提供 OPC Server，可与外界进行数据交换。

⇒程序控制

SMPT-1000 提供软件接口，与 VB、VC 等编程语言进行数据交互。该软件接口同样是双向数据接口，既能将系统的实时数据输出到用户程序，也能将程序的运算结果再输往回系统中。可以编写程序实现高级算法并对工艺对象进行控制。

⇒Ethernet

通过 Ethernet 以太网接口，与支持以太网通讯协议的外部控制器（如 SIMATIC S7-300、SIMATIC PCS7）进行数据交换。

2.5 使用 SMPTLab 内置控制系统

依据阀门支持的受控方式，有 3 种控制系统可供选择：SMPTLab 内置控制系统、SIMATIC PCS 7 过程控制系统，或者使用 VB 语言等自主编写控制程序。

以下主要介绍使用 SMPTLab 内置控制系统的操作过程。如何连接 PCS 7 过程控制系统以及与 VB 语言的通讯，详见附录。

在工具栏中点击  按钮，可将当前窗口切换到控制系统组态窗口。如下图所示，为一个液位单回路 PID 控制系统。控制系统组态窗口主要通过模块对象的可视化图形搭接，完成控制方案与控制器的配置，实现控制方案实施、控制参数整定等功能。



图 2.9

以下介绍和内置控制系统组态相关的操作工具栏与工具管理器功能。

操作工具栏的按钮：



- 信号线按钮 ：连接控制组态时所使用的模块，构成控制系统信号传输路径。
- 撤销按钮 ：将刚刚进行的对组件的操作撤销。撤销的步数系统缺省为二十步。
- 重复按钮 ：在撤销过程中，按下该按钮可以重新进行刚被撤销的操作。

- 放大按钮 ：将当前页面放大 25%。
- 缩小按钮 ：将当前页面缩小 25%。
- 原始大小按钮 ：将当前页面按 100% 显示。
- 放大选中区域按钮 ：允许用户放大显示用鼠标拖拽形成的矩形区域。
- 剪切按钮 ：将当前选中的组件拷贝到内存中，并删除选中的组件。
- 复制按钮 ：将当前选中的组件拷贝到内存中，但不删除选中的组件。
- 粘贴按钮 ：将内存中的组件，复制到当前的绘图位置上。
- 按钮 ：显示被选中的控制器的运行时操作面板。
- 按钮 ：显示 PID 控制器配置页面。

◆工具管理器

包括控制组态需要的基本模板及模块。如下图所示。

在上方模板管理器中，所有的控制模块按照各自的分类，以目录方式排列。当前版本共提供信号源、信号输出、控制器、数学模块、通用模块以及非线性环节共 6 类模块。

双击模板管理器的模块分类标题，工具箱中将自动加载该类模块。如下图所示，双击“信号源”，工具箱中对应显示“信号源”所包含的控制器输入、随机数及外作用函数共 3 个模块。



模块的全部分类包括：

信号源模块：控制器输入、随机信号发生器、外作用函数发生器

信号输出模块：控制器输出点

控制器模块：PID 控制器

数学模块：加法器、乘法器、除法器、指数环节、开方器、绝对值、反号器、开关器等

通用模块：一阶超前滞后环节、积分环节、一阶滞后环节、比例积分环节、纯滞后环节

非线性环节：齿轮间隙、失灵区、滞环、继电器特性、变放大系数、限幅环节等

下面以单回路反馈控制系统和串级控制系统为例，来演示如何使用 SMPTLab 软件的控制器组态功能。

2.5.1 单回路反馈控制系统的组态

控制对象是锅炉汽包液位 LI1102，执行机构是上水调节阀 FV1101。控制过程如下图左图所示，控制系统方块图如下图右图所示。

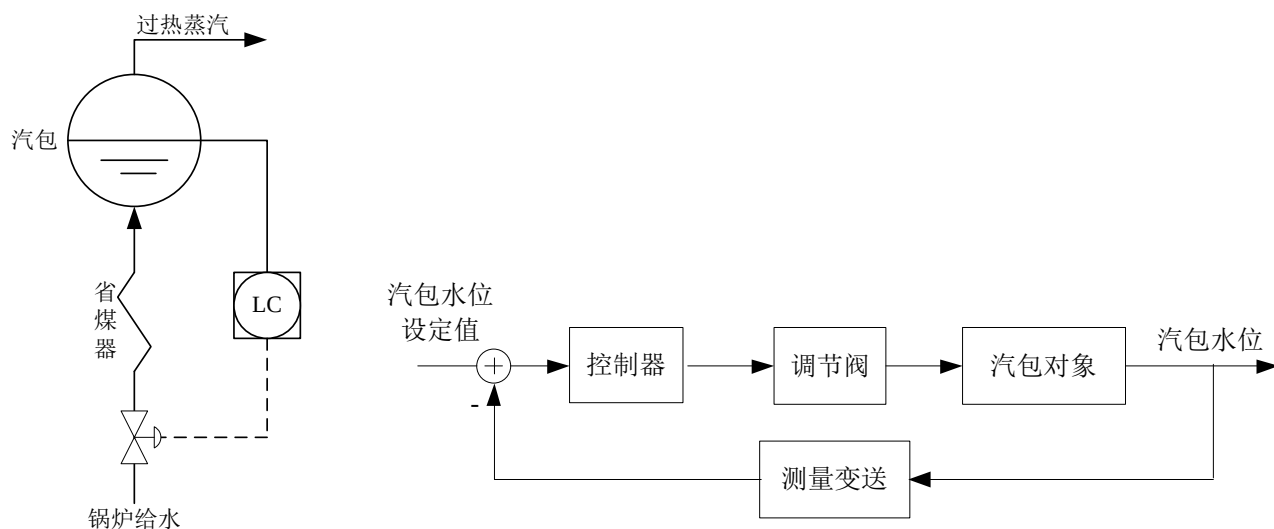


图 2.10

1、设置数据采集点

构建控制回路的第一步，需要采集流程中的实时数据作为控制器输入，因此，需要在控制组态窗口中引入“数据源”模块。该模块模拟现场变送器从设备上获得工艺流程中的现场数据，以便送入控制器作为 PV 值。

双击模板管理器中的“信号源”，将工具箱中列出的“控制器输入”块拖入组态窗口，如图 2.11 所示。

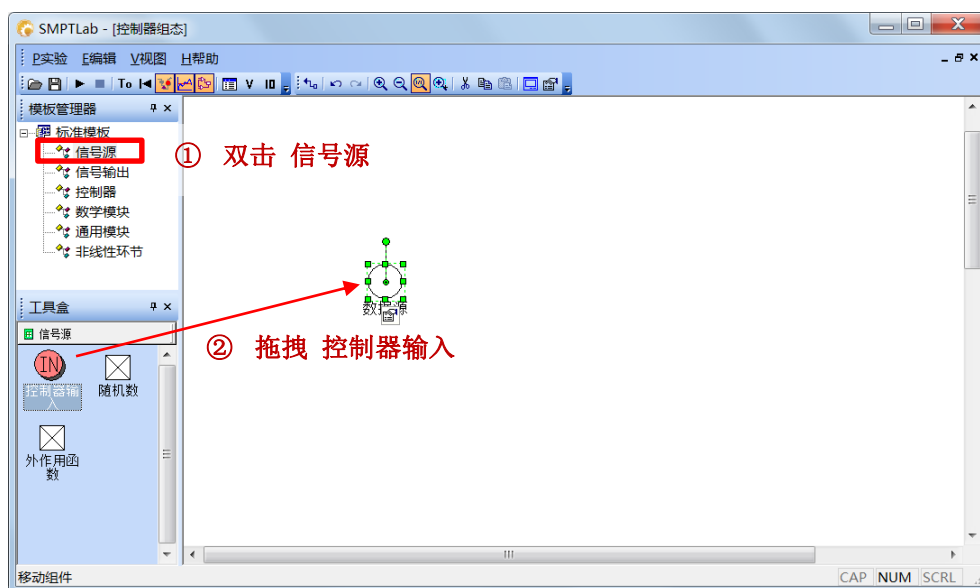


图 2.11

双击该模块，如下图，将弹出“数据采集点配置”对话框。在“选择位号”下拉框中，选择 LI1102，即表示当前“数据源”模块将从现场获取 LI1102 位号对应的实时数据（本实验中为锅炉汽包液位数据）。点击“确定”。

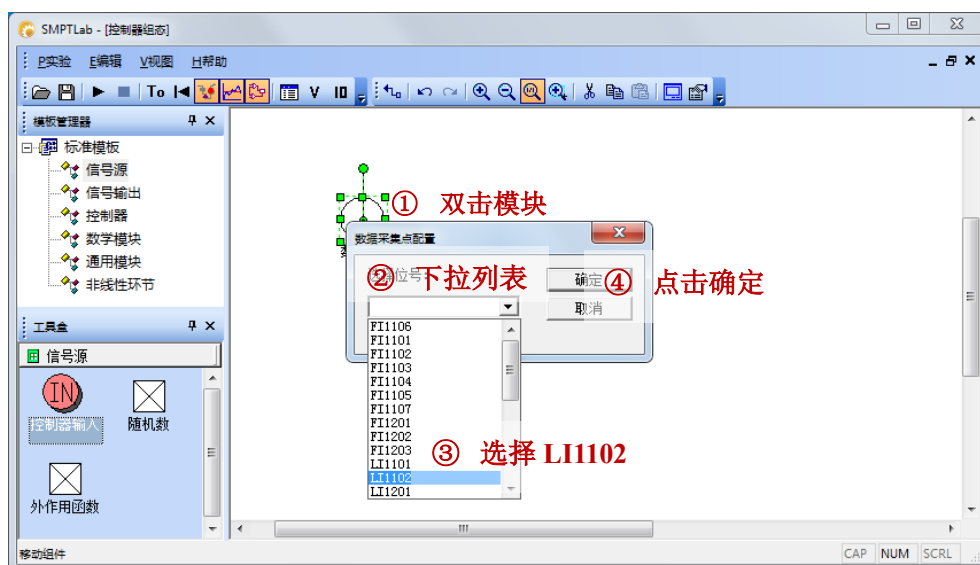


图 2.12

窗口中“数据源”模块的图标将变为如图 2.13 所示。



图 2.13

2、控制器组态

软件提供了大量基础控制的算法模块，可以利用这些模块可视化地构建出各类复杂控制系统。对于常见的控制问题，可以直接使用系统提供的常规 PID 控制器，实施从单回路控制到复杂控制的各种方案。

双击模板管理器中的“控制器”，将工具箱中列出的“PID 控制器”块拖入组态窗口。如图 2.14 所示。

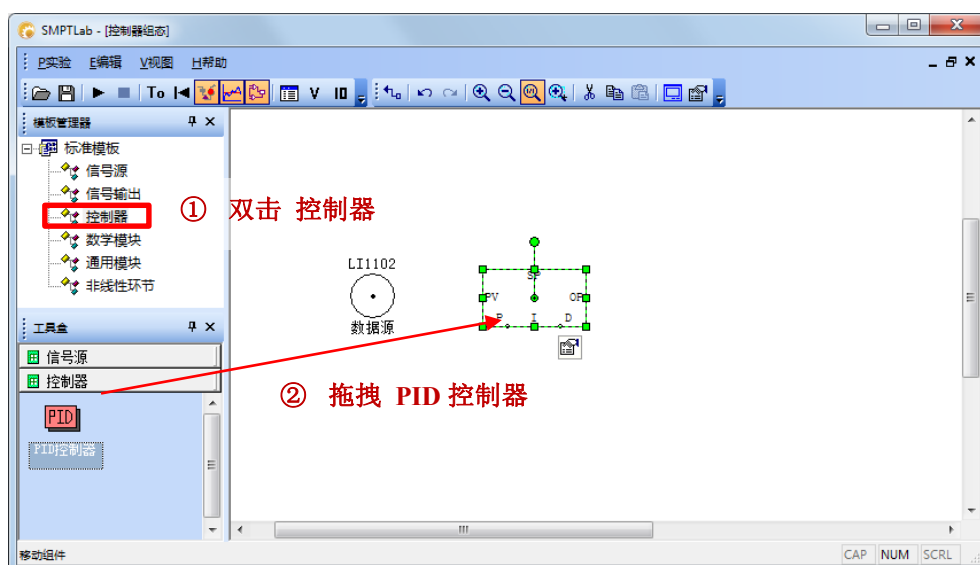


图 2.14

图标底部“P”、“I”、“D”为比例、积分、微分参数的外部接口，也可不连接外部信号，由内部指定；左侧“PV”代表该处接受现场检测信号；右侧“OP”代表该处往其他模块送出控制器输出值；顶部 SP 代表可以从该处接受外部输入的设定值（如串级控制系统）。双击该图标，弹出“PID 控制器配置”对话框，如图 2.15 所示。

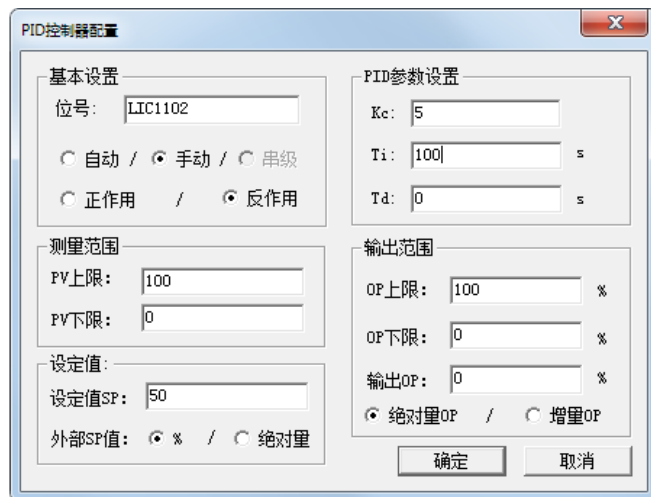


图 2.15

在基本设置栏中，将控制器取名 LIC1102，填入位号框中。在控制器投运之前，先将控制状态投为手动。由于示例中将采用上水阀来控汽包液位，因此选择控制器为反作用。

在 PID 参数设置栏中，Kc 代表比例系数，Ti 代表积分时间（单位为秒），Td 代表微分时间（单位为秒）。测量范围栏中，检测变量为液位，PV 上下限设为 0-100%。设定值栏中，将 SP 设为 50，即需要将液位控制在 50%。当控制器 SP 由外部给定时，根据不同情况选择其方式。控制器输出可以指定为“绝对量 OP”输出与“增量 OP”输出两种方式。缺省使用“绝对量 OP”方式，此时控制器的输出值即为控制阀的期望开度。当使用“增量 OP”方式时，控制器的输出为 ΔOP ，即输出的是对应前一时刻的改变值。

配置完成，点击“确定”。当前 PID 控制器图标更新如图 2.16 所示。

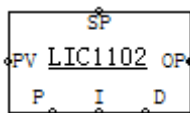


图 2.16

3、设置执行单元

为了让控制器的输出信号，能够送给执行机构（如控制阀），需要在组态窗口中引入“控制器输出”模块。该模块负责接收控制器的 OP 输出，并将该输出信号送至设备上某一个控制阀控制其开度，达到对流程实施控制的目的。

双击模板管理器中的“信号输出”，将工具箱中列出的“控制器输出”块拖入组态窗口。这样即在组态窗口中生成了一个“控制器输出”模块。如图 2.17 所示。

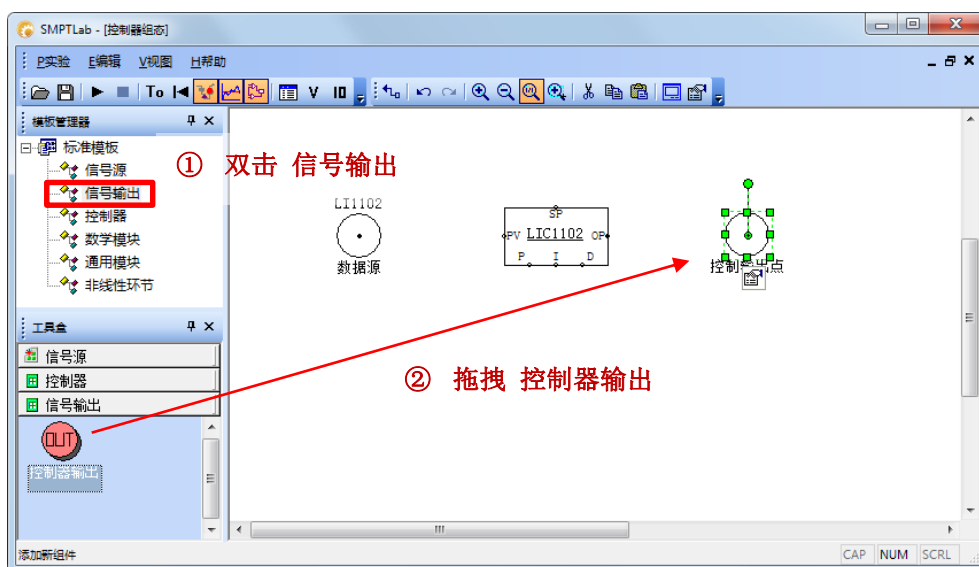


图 2.17

双击该图标，弹出“数据输出点配置”对话框，如图 2.18 所示。

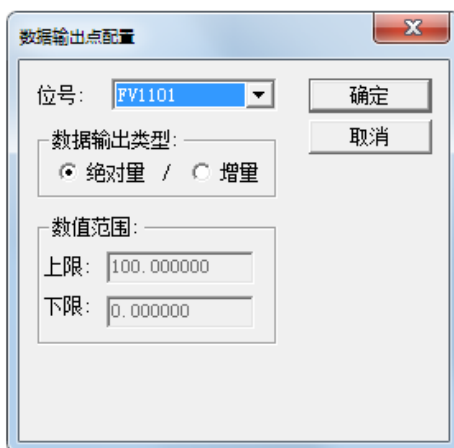


图 2.18

在该对话框的位号下拉框中，选择要输出的控制阀位号，图 2.18 中为 FV1101，数值范围栏中的上下限自动根据数据点定义中的仪表上下限进行填写。

在数据输出类型栏中，需要设置接收控制器 OP 输出的数据类型为绝对量还是增量。缺省条件下模块使用绝对量，即代表接收控制器的 OP 输出值，即为控制阀的目标开度 MV。

配置完成后，点击“确定”。当前控制器输出点图标更新如下。



图 2.19

4、信号连接

完成上述步骤后，控制组态窗口如图 2.20 所示。

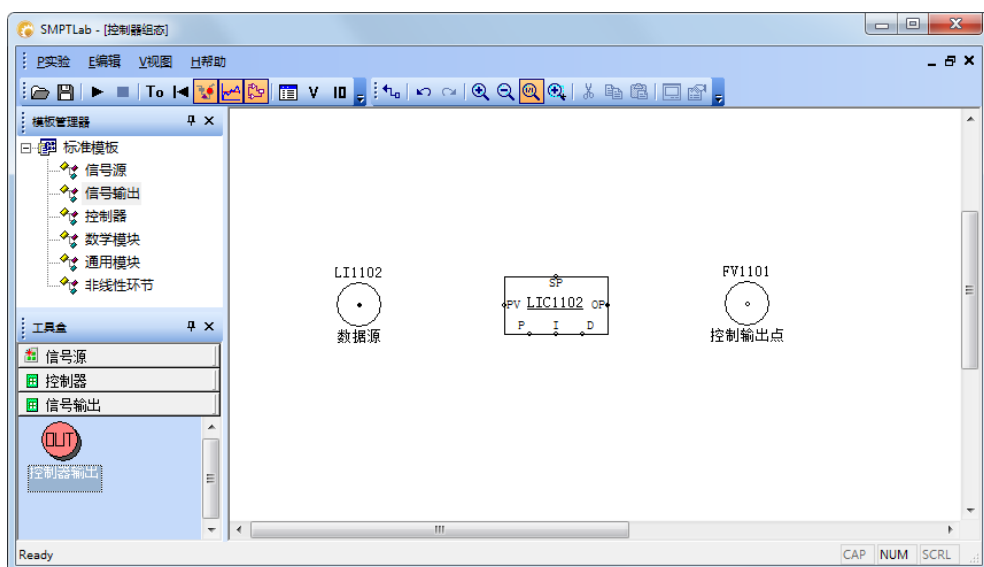


图 2.20

为了将“数据源”模块检测到的实时数据能输入 PID 模块，并将控制器的输出通过“控制器输出”模块调节流程中的 FV1101 控制阀开度，需要在图 2.20 中添加信号线，以连接三个模块。

如图 2.21 所示，连接“数据源 LI1102”和“PID 控制器 LIC1102”的 PV 的步骤如下：

- ① 选择信号线工具：点击工具栏中的信号线按钮“”，鼠标标识变为实心箭头形状；
- ② 设置信号线的起点：移动鼠标至“LI1102”中心点，出现红色方框时，单击；
- ③ 设置信号线的终点：移动鼠标至“LIC1102”左侧的 PV 接口处，出现红色方框时，单击；

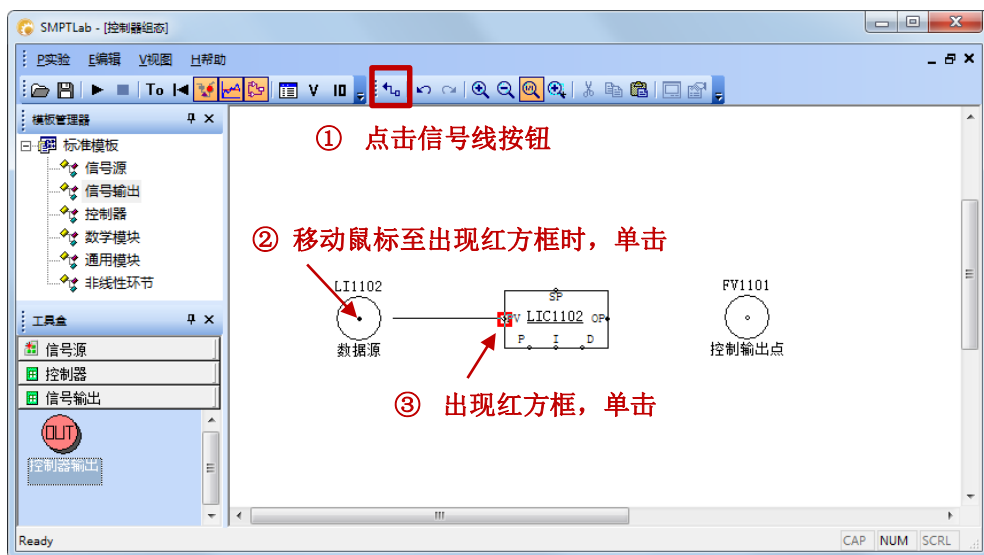


图 2.21

接下来需要连接 PID 控制器 LIC1102 的 OP 接口与控制输出点 FV1101。步骤与之前类同，仍然需要先点击信号线按钮，再连接起点“LIC1102 的 OP”和终点“FV1101 的中心点”。

也可以在点击信号线按钮后，选择以下方式来完成连接：单击信号线起点并保持选中的状态，拖拽至终点后再释放鼠标。

完成连接后的图形如图 2.22。至此，针对液位 LI1102 的单回路控制系统组态完成。

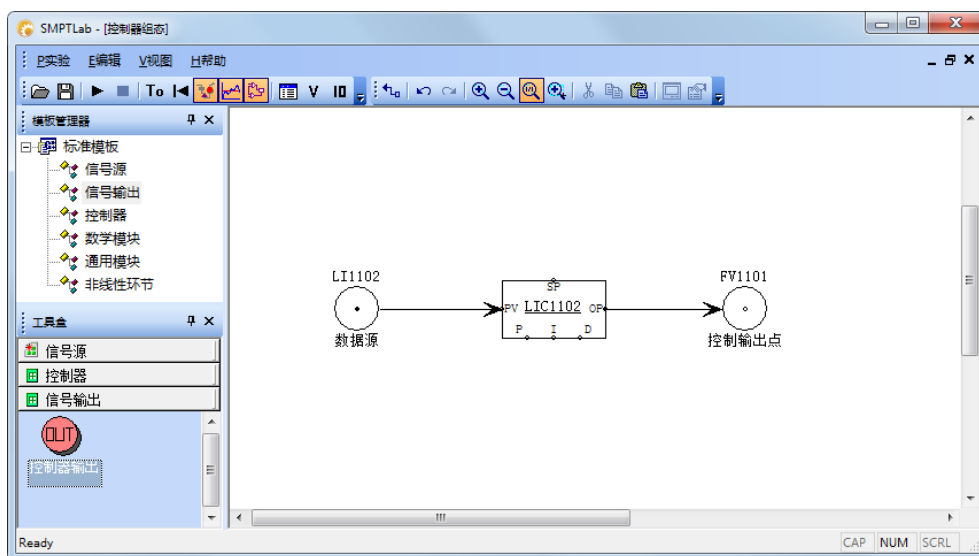


图 2.22

以下列出组态过程中可能用到的一些便捷功能。在单击选中某个模块或信号线后：

- 通过键盘的上下左右键来调整模块的位置（信号线不支持）；
- 拖拽模块选中后出现的绿色调整点，可调整模块的大小（信号线为折线时可调整形状）；
- 通过 Delete 键来删除模块/信号线；
- 通过操作工具栏中的复制粘贴按钮或是 Ctrl+C、Ctrl+V 组合键来完成模块的复制（信号线不支持）。

2.5.2 串级控制系统的组态

以除氧器液位 LI1101 为主变量、除氧器入口流量 FI1106 为副变量，入口管线调节阀 FV1106 为控制阀，构成串级控制系统。

控制器组态如下图所示：

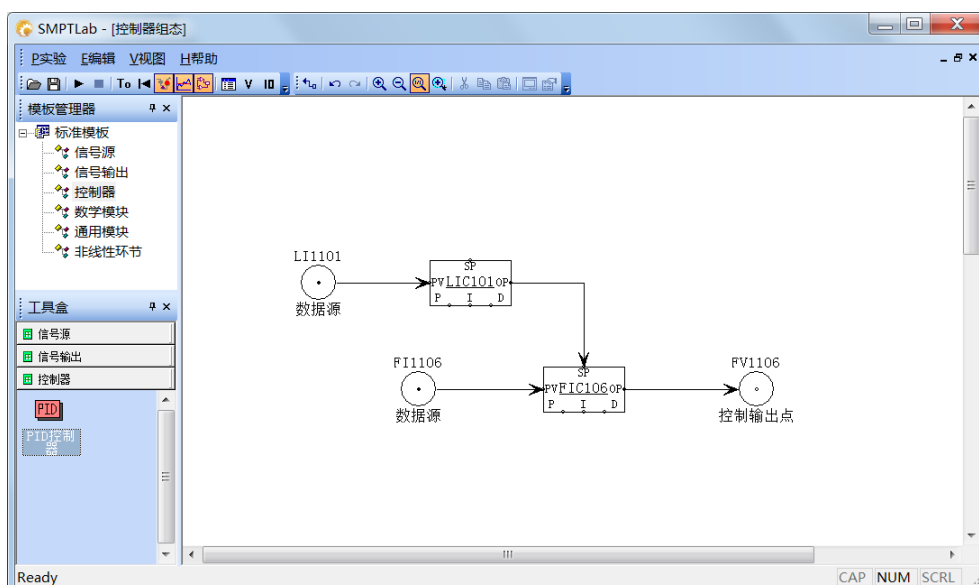


图 2.23

对于副控制器 FIC106 的设置如下图所示。PV 上下限按照仪表量程给定，设置好正反作用后，投自动时需要选中“串级”选项，设定值为外给定、“绝对量”。



图 2.24

主控制器与单回路控制系统一致，需注意输出范围和副变量的测量范围一致。如下图

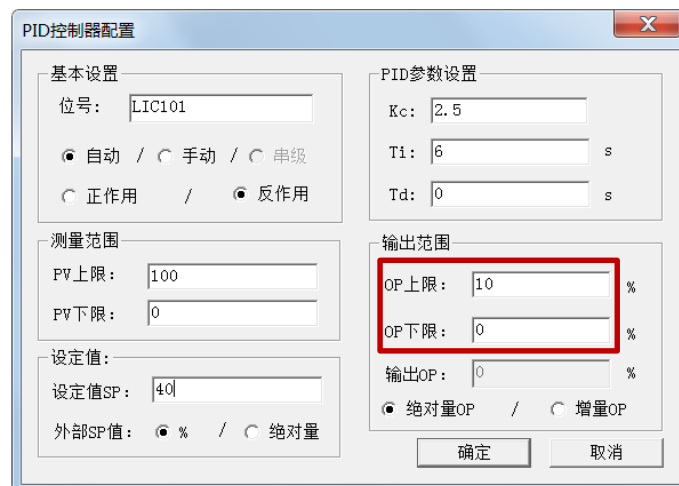


图 2.25

2.6 添加趋势曲线

点击工具栏上的按钮，可切换主工作区至趋势画面窗口，趋势画面在软件运行时记录实时数据，并以运行时间为 X 轴绘出曲线。如下图 2.26 所示。

X 轴为时间轴，从 0 时刻开始记录，单位为秒。趋势画面中所有的曲线共享同一时间轴。因此，当缩放时间轴时，所有的曲线都一起变化。

趋势画面中的 Y 轴为数据轴。每一条曲线都拥有各自独立的数据轴及相应坐标系。数据轴的颜色与曲线的颜色相同。当点中某一条曲线或点中该曲线对应的数据轴时，即将趋势画面中当前坐标系切换为数据轴对应的坐标系，并在趋势画面的上半部显示该曲线的标题。

X 轴和 Y 轴坐标均可以通过鼠标拖动实现缩放功能。

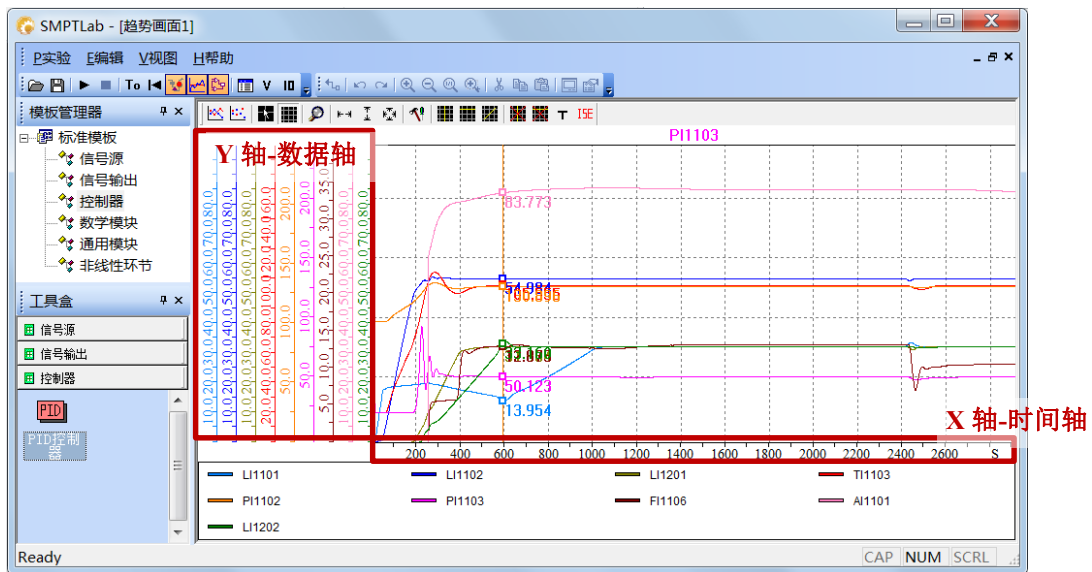
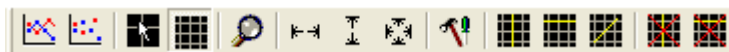


图 2.26

1、画面工具栏上的按钮



- ⊗ 显示数据采样点按钮 : 将每一时刻的数据采样点以小方块的形式显示。
- ⊗ 隐藏连接线按钮 : 在显示数据采样点时, 隐藏连接采样点的线段。
- ⊗ 按钮 : 在趋势曲线窗口上部标题栏中显示鼠标所指位置的横、纵坐标数值。
- ⊗ 显示/隐藏网格按钮 : 显示或隐藏网格。
- ⊗ 曲线局部放大按钮 : 放大显示用鼠标拖拽形成的虚线选择区域。
- ⊗ 曲线水平缩放按钮 : 将所有曲线沿时间轴方向进行缩放, 使所有曲线在水平方向上完整显示。
- ⊗ 曲线垂直缩放按钮 : 将选中的曲线沿数据轴方向进行缩放, 使该曲线在垂直方向上完整显示。
- ⊗ 曲线双向缩放按钮 : 将所有曲线自动缩放, 同时适应当前趋势窗口的高度与宽度, 曲线的所有部分都将在当前窗口中完整显示。
- ⊗ 按钮 : 显示趋势曲线属性配置对话框。
- ⊗ 纵向辅助线按钮 : 在趋势窗口中添加垂直辅助线, 最多可以添加四条垂直辅助线。
- ⊗ 横向辅助线按钮 : 在趋势窗口中添加水平辅助线, 最多可以添加四条水平辅助线。
- ⊗ 任意角度辅助线按钮 : 在趋势窗口中添加任意角度辅助线, 最多可以添加四条任意角度辅助线。
- ⊗ 删除纵向辅助线按钮 : 删除趋势窗口中所有的垂直辅助线。
- ⊗ 删除横向/任意角度辅助线按钮 : 删除趋势窗口中所有的水平辅助线和任意角度辅助线。

注: 所有工具栏上按钮的功能也可以通过在趋势画面里右击鼠标选择实现。

2、趋势曲线属性配置

点击工具栏上的按钮 ，可以打开趋势曲线属性配置对话框；或者在画面上右击鼠标，选择“属性”也可。

属性对话框中分“通用”、“坐标轴”、“曲线”三个属性页。

在“通用”页，可以查看当前坐标范围，并设置数据点、鼠标位置坐标、辅助线是否可见，如图 2.27；

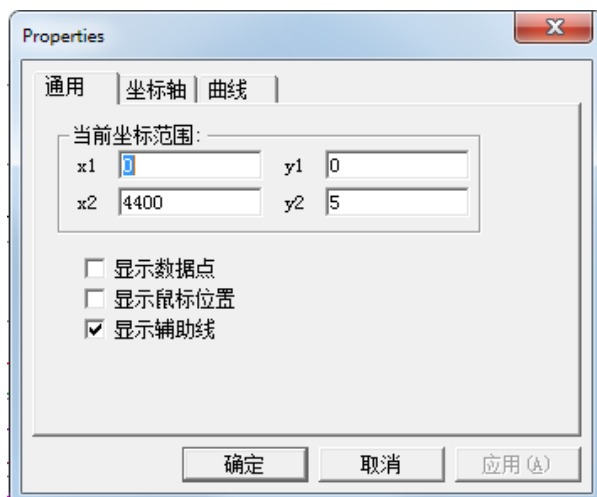


图 2.27

在“坐标轴”页，可以分别设置时间轴及当前数据轴的标题和单位，如图 2.28；

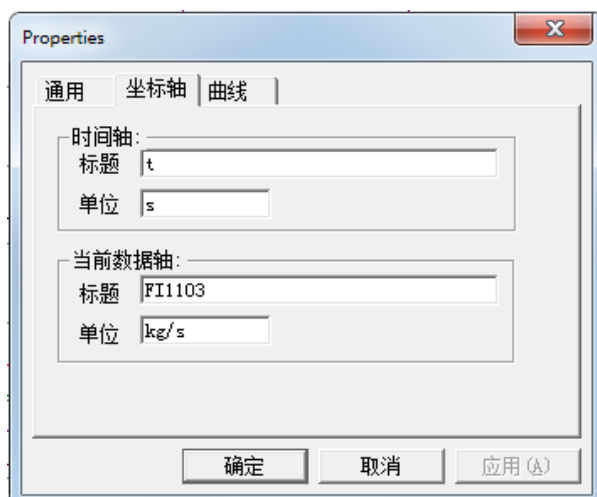


图 2.28

“曲线”页，可以对趋势画面中的曲线进行添加、修改、删除、定义颜色等操作，如图 2.29。

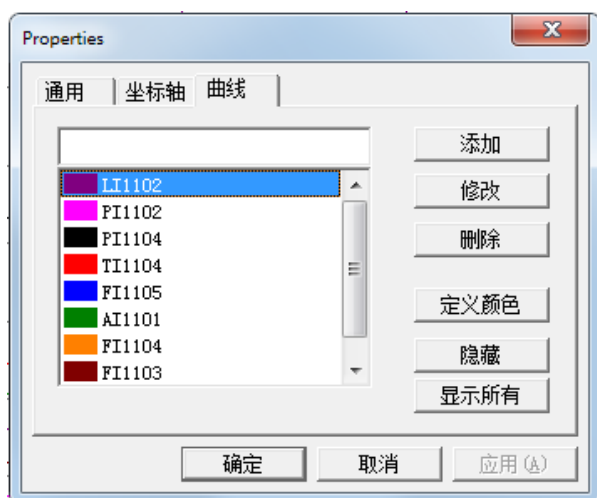


图 2.29

下面是添加了几条显示曲线及辅助线的趋势画面截图，如图 2.29 所示。

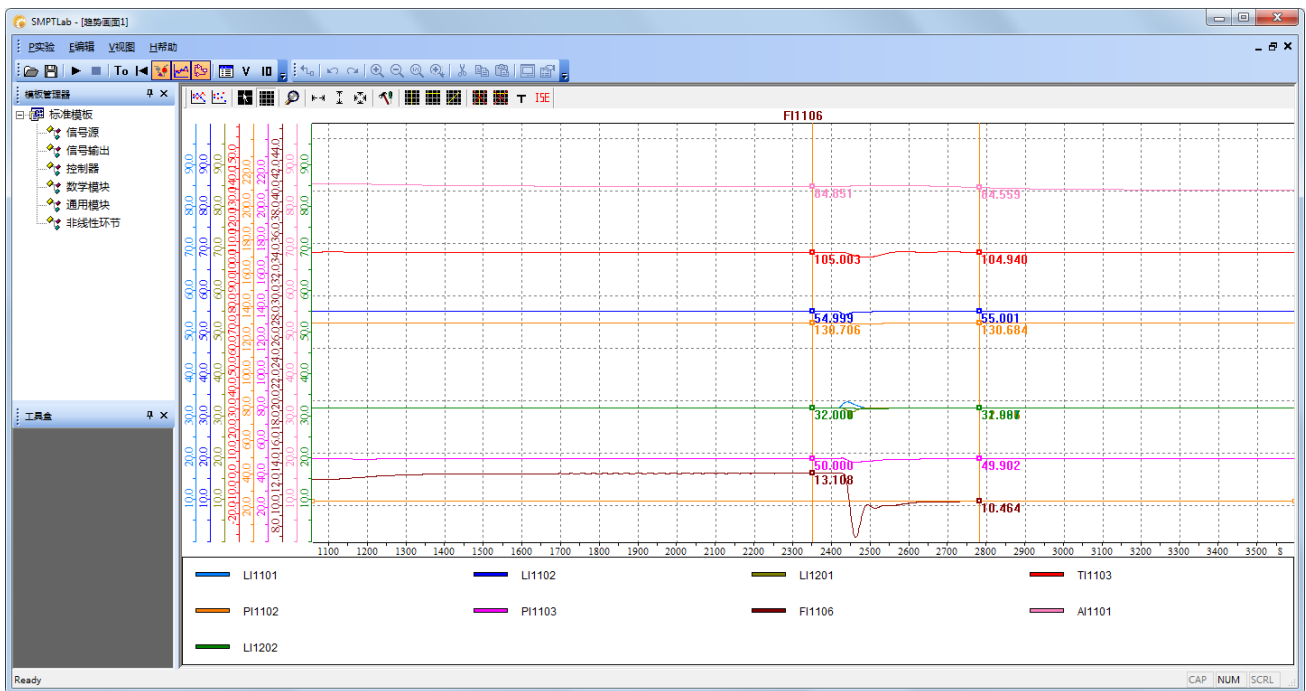


图 2.29

2.7 仿真运行、暂停及置冷态

点击主工具栏中的运行按钮 ，可以启动当前的实验工程，或是从中止状态下重新恢复运行。

在运行状态下点击工具栏中的停止按钮 ，可以中止实验，工艺对象主体设备上的仪表将保持当前的数据，阀门失效。系统进入中止状态。

在中止状态下点击工具栏上的置冷态按钮 ，可以将当前实验项目工况恢复到冷态，但是趋势曲线数据保留不变。即所有工艺参数回到初始状态，设备常温常压液位为零，管线流量为零，组分仪表归零。需要注意，阀门、泵等执行机构，置冷态后当前的开度将归零、开关状态置为关闭，但是开始运行后，阀门泵等依据所选择的受控方式，将受控制系统的信号作用，有可能不再维持为冷态。

此外，SMPTLab 软件内置控制系统只有在中止状态，才能进行组态操作。控制器参数调整不受此限制。

2.8 保存运行结果

在实验中止状态下，选择软件主工具栏中保存按钮 ，将当前工程保存。工程保存不仅将当前时刻的工况完整地保存下来，而且将趋势曲线也同样保存。当再次打开工程时，系统能够迅速回到历史工况。

三、使用智能评分系统组件评估运行结果

3.1 评分系统简介

在自动控制的教学和培训中，如何对学生、考生设计的控制方案、控制性能以及操作步骤进行客观合理地评价、评分是教学和培训中非常重要的一个方面。传统的方法是由教师来评分，要求教师能够全面地准确地做出评判，难以避免地会引入一些主观因素，并加大了教师工作量。为了减轻教师的工作量，并对学生、考生的技能的考察更加量化更加客观，需要引入计算机来辅助教师的工作。

评分系统是一套根据设定的规则对过程工业的开车过程、运行状态、控制方案的性能以及生产安全等方面进行自动评分的系统。该系统能够客观全面地进行评分，支持规则自由组态，可有效地辅助教师进行教学以及培训工作，提高教学、培训的效果。

评分系统的整体目标：

期望学生或者考生能够严格遵守操作规程，达到预定的工艺质量目标，同时避免安全事故。包括：

- 1 工艺质量目标的达到。
- 2 安全事故的避免。
- 3 操作规程的执行。

评分的方法：

自动评分系统自动对开车过程、控制回路及稳定、累积量与安全要求进行综合打分，最后以表格形式报告评分结果。

根据生产工艺要求，开车过程由一组有序的操作步骤组成，每步操作内容包含需要满足的步骤顺序和工艺条件、操作动作、操作要求等，每项操作内容规定了相应的分数，自动评分系统按操作步骤评分。做某步操作动作时，要满足步骤顺序和工艺条件，且操作动作正确，操作结果满足工艺要求，才能得到这步操作的全部分数，否则只能得到部分分数，或者不能得分。

控制回路的性能包括稳态指标和动态指标。稳态指标主要考察被控变量能否达到要求的稳态数值，并保持稳定；动态指标主要考察被控变量变化过程中的整个变化趋势和波动情况。根据控制回路的响应数据，评分系统自动计算稳态指标和动态指标，并视稳定和动态指标在指定时间范围内不超过设定值范围的情况评分。稳态指标为被控变量是否在规定时间内保持稳态；动态指标包括被控变量的峰值时间、最大动态偏差、调节时间、衰减比和 ISE 指标等。流量回路主要按流量累积量指标评分，它代表整个生产过程中的能耗，是绿色生产的一种指志。

稳定与安全要求主要考察整个生产过程中被控变量是否超出设定值范围，以免造成系统进入不安全、不环保状态。评分系统可按被控变量偏离设定值的情况自动评分。

被控变量动态指标的定义：

- ① 最大偏差：从开车到工况稳态，被控变量最大值与设定值之间的偏差。
- ② 峰值时间：从开车到被控变量到达最大偏差值所用的时间。

③ 调节时间：从开车到被控变量进入设定值的 98%~102%范围，并持续 10s 稳态的时间（持续时间可能会视具体情况有所修改）。

④ 衰减比：从开车到工况稳态，被控变量两个相邻同方向最大偏差值之比。

⑤ 振荡周期：从开车到工况稳态，被控变量到达两个相邻同方向最大偏差值所用时间之差。

⑥ ISE 指标：从开车到工况稳态，被控变量值与设定值差的平方的积分。

被控变量动态指标的计算方式：

① 自动计算：对被控变量的响应曲线，自动计算最大动态偏差、调节时间和 ISE 指标等。

② 人工计算：在被控变量的响应曲线画面上，手工设定计算的时间范围，人工确定被控变量的峰值时间、最大动态偏差、调节时间、衰减比等动态指标。

评分的策略：

评分策略可以分为加分制与减分制两类体系。

加分：对于正确做法的一种肯定和奖励。通过加分，使做对的学生、考生受到正面鼓励，从而培养正确的操作能力。对于错误做法，则不得分。

不得分：未完成或未达到要求，则不得分。

减分：对于引发的不利后果，通过减分的手段加以惩罚。在实际开发中，如果一些隐含的不利后果不易仿真或不易被捕获，则可以暂时通过在其它容易捕获的环节进行扣分，比如操作环节，但需谨慎使用，因其会破坏设计的系统性。

3.2 配置评分系统

1、组态部分

评分系统支持对规则进行自由组态，如图 1 所示：

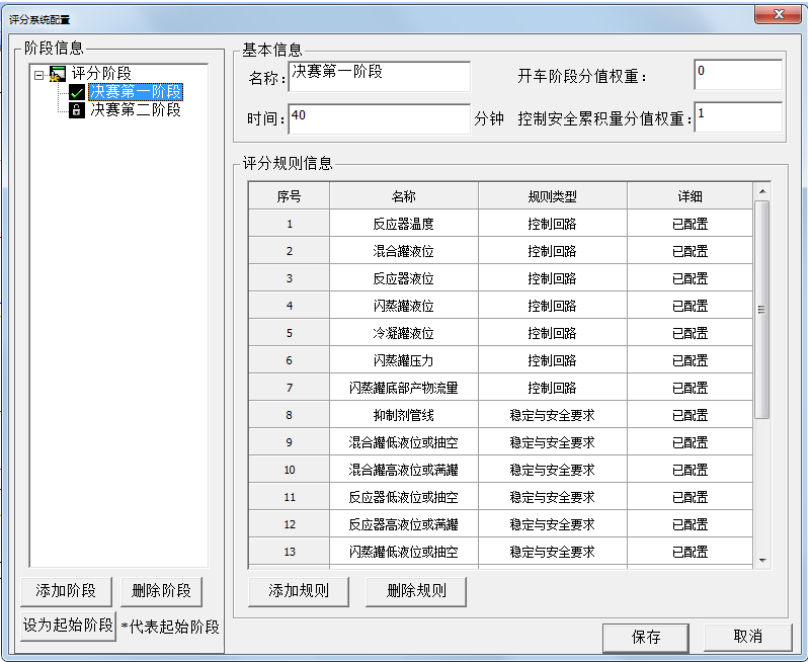


图 1 评分系统配置整体界面

如图 1 所示，此为评分系统整体配置的界面，左侧为评分阶段设置。系统支持设置多个时间阶段，每个阶段可以是不同的规则，对系统的状态进行评分。这样就保证了在任何时间阶段对系统的状态进行评分。点击“添加阶段”按钮即可添加一个评分阶段；点击“删除阶段”按钮即可删除某一个选中的阶段；选中某一阶段，点击“设为起始阶段”按钮即可将某一阶段设置为评分的起始阶段。开始评分后，从设置的起始阶段开始评分。如果不设置起始阶段，默认会从第一阶段开始。

选中某一阶段，即可对这一阶段的规则进行配置。

在基本信息栏，可以设置本阶段的名称、时间、分值。

评分规则信息栏，可以设置本阶段的的各种规则，点击“添加规则”按钮，可添加一条规则，输入规则名称，选择规则类型（可选类型包括操作步骤、控制回路、累积量、稳定与安全要求），点击“未配置”按钮，即可弹出详细的配置界面。

选中某一条规则，点击“删除规则”按钮，即可删除选中规则。

规则配置完毕后，点击“保存”按钮，可保存规则信息。

下面，详细介绍，每种规则类型的配置方法。

① 操作步骤 类型下，点击配置按钮，弹出配置界面，如图 2 所示。

操作步骤设置

序号	分数	工艺条件	分数	操作	分数	操作要求	分数	策略
0	2.00	等于0.00;FV1202等	2.00	打开FV1201;	2.00	LI1201等于80.00;	2.00	给分/不给分

*给分/不给分策略下，分数项为满足要求得到的分数，不满足要求不给分；不给分/减分策略下，分数项为不满足要求扣除的分数，满足要求不给分，也不扣分

确定取消

图 2 操作步骤配置

如上图所示，对某一个操作步骤进行配置，分为 4 部分：操作顺序部分、工艺条件部分、操作部分、操作要求部分，每一部分可以设置相应的分值。

点击表格中工艺条件的按钮，可以对工艺条件进行详细配置。如图 3 所示。

条件设置

当前的条件

FV1105等于0.00
FV1201等于0.00
FV1202等于0.00
FV1203等于0.00

删除

稳态部分

变量

关系

☐ 变量

添加

动态部分(变化率)

变量

关系

最小持续时间

0 秒

添加

确定

取消

图 3 工艺条件配置

系统支持添加多个条件，只有所有条件都满足时，条件部分的分数才能获得。系统支持 2 种工艺条件，一种是稳态条件，即变量要与某个数值或与某个变量满足某种关系；一种是动态条件，即变量在一定时间范围内的变化速率要与某个数值满足某种关系。

以稳态部分为例，点击稳态部分变量按钮，可浏览目前系统的所有变量。如图 4 所示。

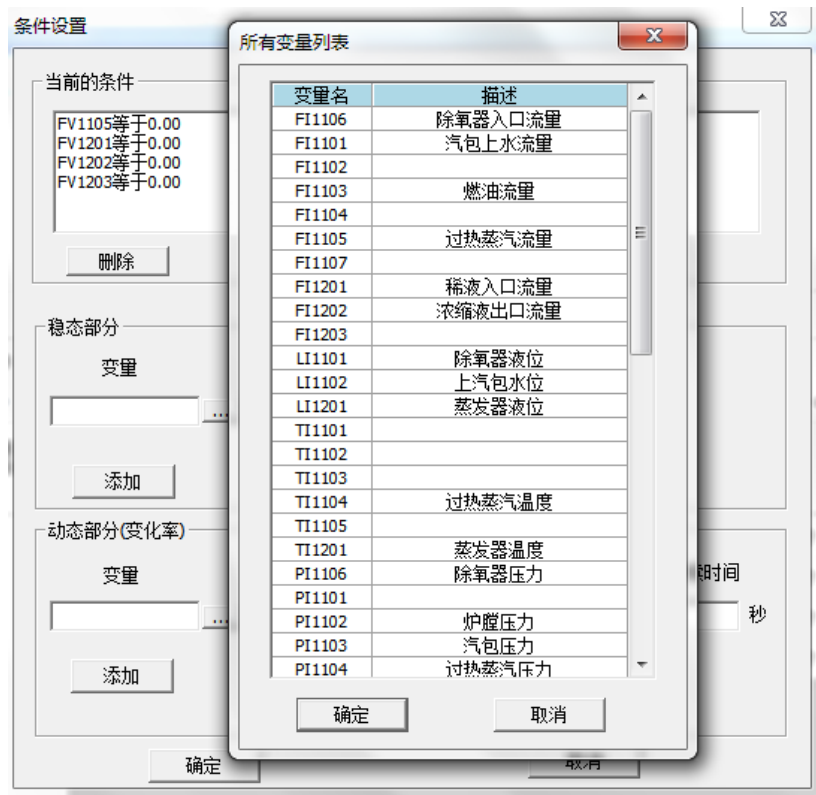


图 4 浏览变量

选中某个变量，点击确定，即可。在“关系”下拉框可选择“等于、大于等于、大于、小于、小于等于”关系，在关系框右边可填写具体要达到的数值；如果是要与某个变量达到某种关系，可勾选“变量”，然后浏览变量，选中所需变量。完成后，点击“添加”按钮即可把条件添加到规则中。点击确定，即可返回到图 2 界面，继续配置。

点击表格中的操作按钮，可以对操作进行详细配置。如图 5 所示。

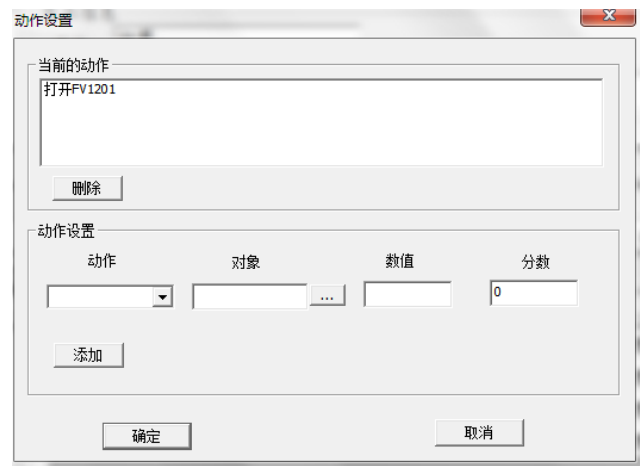


图 5 操作配置

与条件配置类似，动作可选“打开、关闭、调节”，“打开”、“关闭”即为在原有基础上，开大或开小；“调节”即为不关注变大或变小，只要有变化即可。点击对象右边按钮，即可设置打开的对象。如图 6 所示。

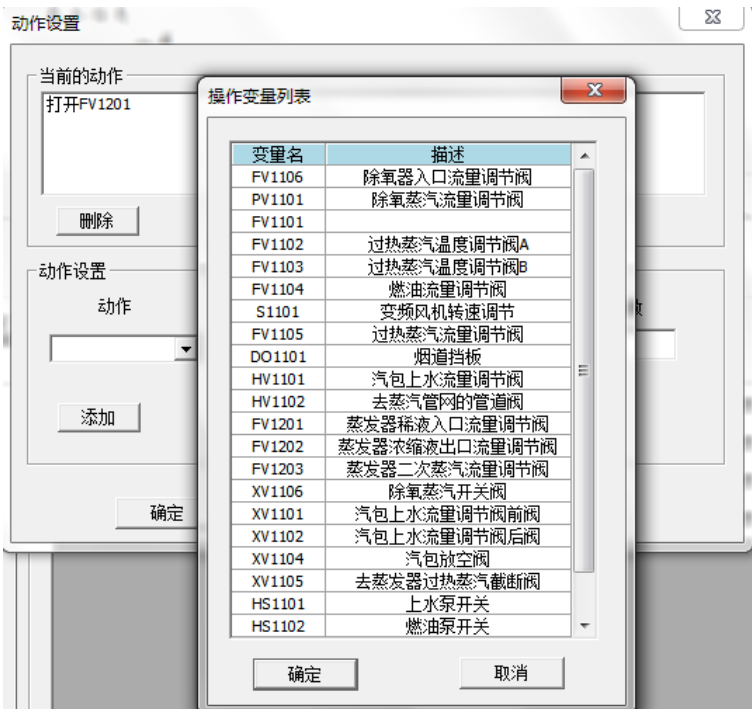


图 6 操作变量选择

选中某个变量，点击确定，即可。数值部分填写操作对象需要达到的数值，如果不填写，代表没有要求，分数部分设置操作的分数。完成后，点击“添加”按钮即可把条件添加到规则中。点击确定，即可返回到图 2 界面，继续配置。

点击表格中操作要求按钮，可以对操作的目标进行详细配置。如图 7 所示。

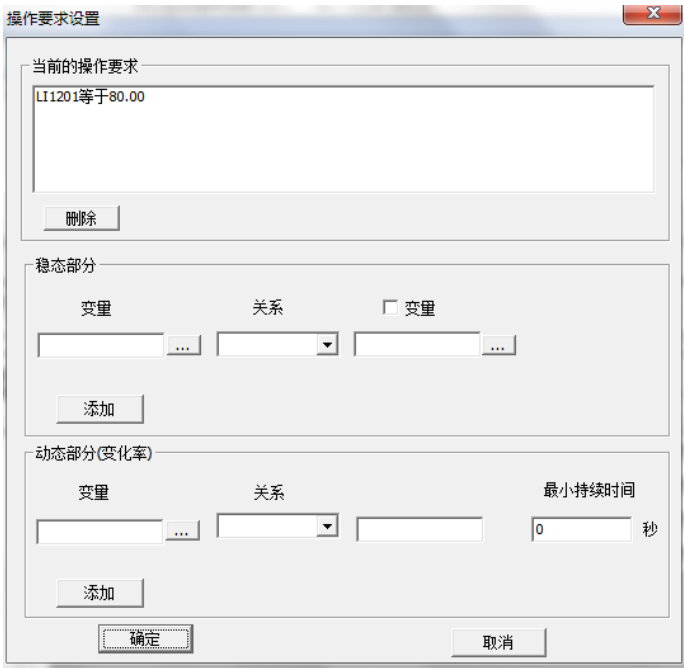


图 7 操作目标配置

系统支持添加多个目标，只有所有目标或要求都满足时，操作要求部分的分数才能获得。系统支持 2 种要求，一种是稳态要求，即变量要与某个数值或与某个变量满足某种关系；一种是动态要求，即变量在一定时间范围内的变化速率要与某个数值满足某种关系。

具体配置方式与条件部分类似，不再赘述。

返回到图 2 界面，继续配置。操作步骤设置里，可选择评分策略“给分/不给分”、“不给分/减分”。配置完成，点击确定，回到图 1 界面。

② 控制回路 类型下，点击配置按钮，弹出配置界面，如图 8 所示。

控制回路设置

序号	变量	设定值	上限	下限	最小保持时间	分数	策略
0	TI1201	108.00	110.00	105.00	300	25.00	给分/不给分

☒ 只计算ISE、超调量、调节时间，由人工评分

*给分/不给分策略下，分数项为满足要求得到的分数，不满足要求不给分；不给分/减分策略下，分数项为不满足要求扣除的分数，满足要求不给分，也不扣分

确定 取消

图 8 控制回路配置

点击变量按钮，可选择关注的变量，设置此变量的设定值、上限、下限、最小保持时间（秒）、此规则的分数、策略。只有变量在最小保持时间范围内保持在上下限之间，才能视为达到稳态。可勾选表格下方复选框，使此规则不用自动评分。

③ 累积量 类型下，点击配置按钮，弹出配置界面，如图 9 所示。

累积量设置

序号	变量	关系	数值	关系	数值	分数	策略
1	FI1105	小于	1400.00	无	0.00	15.00	给分/不给分
2	FI1105	大于等于	1400.00	小于	1500.00	10.00	给分/不给分
3	FI1105	大于等于	1500.00	小于	1600.00	5.00	给分/不给分
4	FI1105	大于等于	1600.00	小于	1700.00	2.00	给分/不给分

☒ 只计算累积量，由人工评分

添加 删除 确定 取消

*给分/不给分策略下，分数项为满足要求得到的分数，不满足要求不给分；不给分/减分策略下，分数项为不满足要求扣除的分数，满足要求不给分，也不扣分

图 9 累积量配置

可任意配置在某个区间内，变量累积量的分数。

④ 稳定与安全要求 类型下，点击配置按钮，弹出配置界面，如图 10 所示。

稳定与安全要求设置

上上限 90 上限 0 下下限 50 下限 0 边界值 50

序号	变量	类型	超限时间范围(低限)	超限时间范围(高限)	分数	策略
1	LI1201	超过上上限			8.00	不给分/减分
2	LI1201	低于下下限			8.00	不给分/减分

添加 删除 确定 取消

*给分/不给分策略下，分数项为满足要求得到的分数，不满足要求不给分；不给分/减分策略下，分数项为不满足要求扣除的分数，满足要求不给分，也不扣分

*每一项策略须一致

*边界值：大于边界值后开始监测是否超限

图 10 稳定与安全要求配置

可任意配置任意时间范围内，变量超限时扣除的分数。

包括：超过上上限、上上限与上限之间、低于下下限、下下限与下限之间

2、结果显示部分

评分完成后，可查看评分的结果，如图 11 所示：

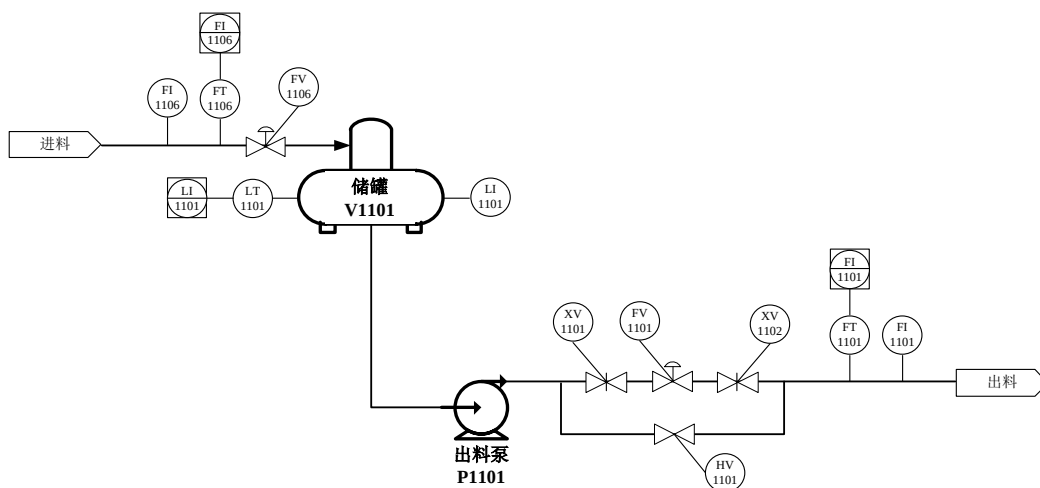
评分结果						
初赛阶段	开车过程					
	操作	顺序要求	工艺条件	操作动作	操作要求	得分
	1	不满足	不满足	未完成	不满足	0.00
	2	不满足	不满足	未完成	不满足	0.00
	3	不满足	不满足	未完成	不满足	0.00
	4	不满足	不满足	未完成	不满足	0.00
	控制回路					
	被控变量	达到稳态	最大偏差	调节时间	ISE	得分
	AI1101	否	99999.00	99999	99999.00	
	TI1201	否	99999.00	99999	99999.00	
	流量累积量（能耗指标）					
	变量	累积量				得分
	FI1105	0.00				
	稳定与安全要求					
	变量	是否超限				得分
LI1201	无				0.00	
参赛队编号	123456			最终得分	0.00	
确定 输出到EXCEL 退出						

图 11 结果显示

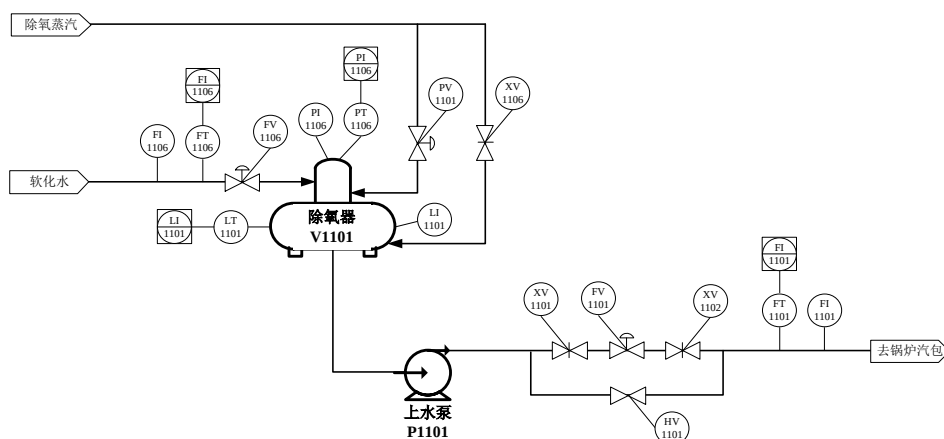
附录 1 工艺对象说明

包括离心泵液位对象、蒸汽动力除氧对象、高阶非线性换热对象、蒸发器对象以及加热炉对象共 5 个由易到难的对象。

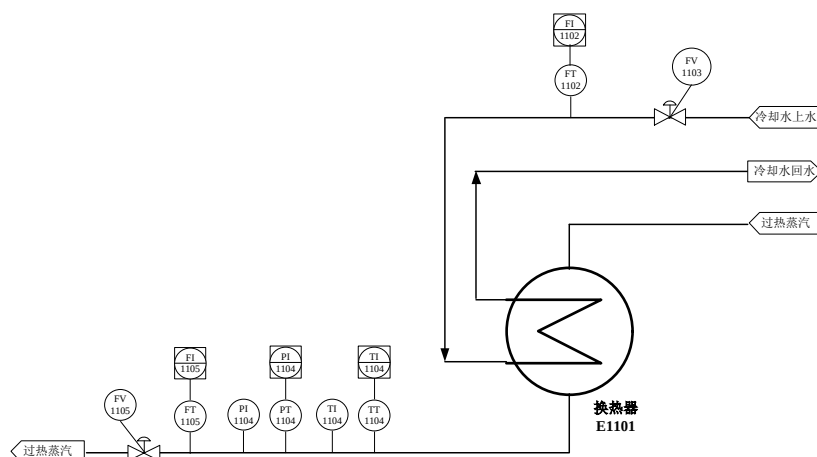
(1) 离心泵液位对象，工艺流程如下图所示，可以自定义储罐尺寸数据、离心泵扬程、阀门属性以及上下游的界区压力。



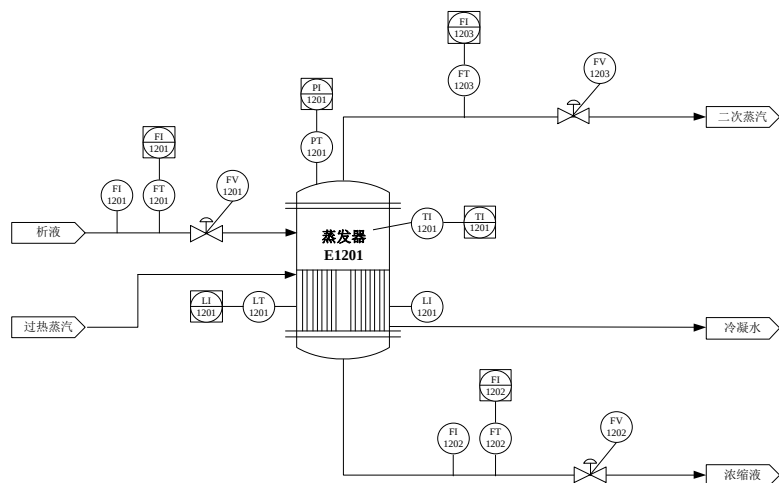
(2) 蒸汽动力除氧对象，工艺流程如下图所示，高温蒸汽在除氧器内与水进行充分混合换热，利用温度将溶解在水里的氧气除去。可以自定义除氧器尺寸数据、离心泵扬程、阀门属性以及来料温度和界区压力。



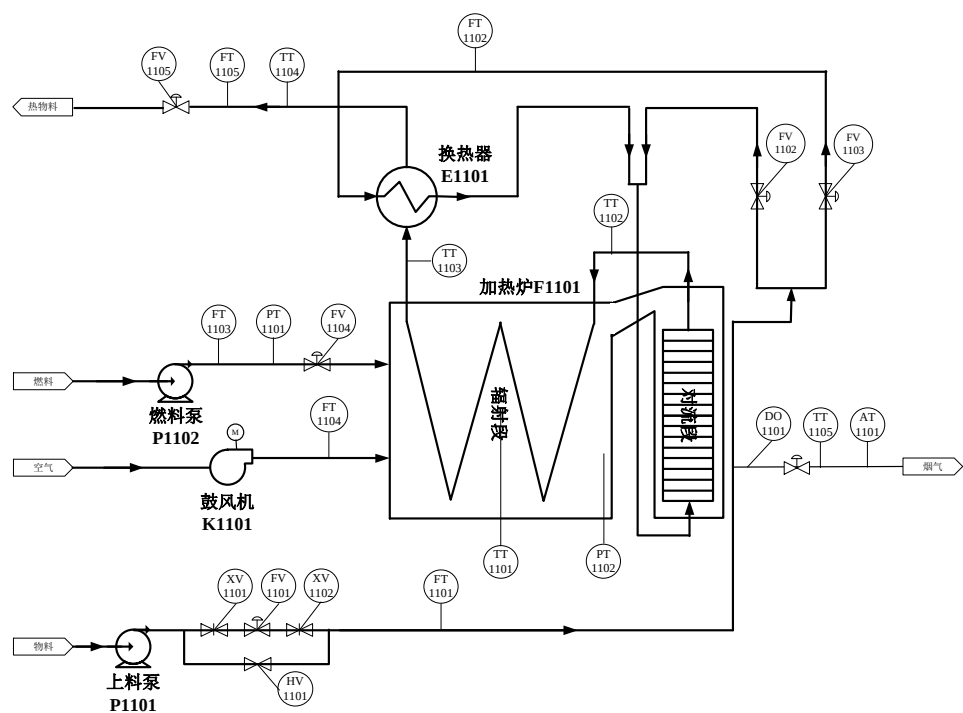
(3) 高阶非线性换热对象，工艺流程如下图所示，液-液两相非接触换热，无相变。通过换热，将热流体的温度降低到工艺要求范围内。可以自定义换热器尺寸数据、传热参数，以及阀门属性和来料温度界区压力。



(4) 蒸发器对象，工艺流程如下图所示，待浓缩的稀液进入蒸发器，在与过热蒸汽换热后，稀液中的水分变成二次蒸汽排出，得到浓缩液。可以自定义蒸发器尺寸参数、传热参数，以及阀门属性和来料温度界区压力。

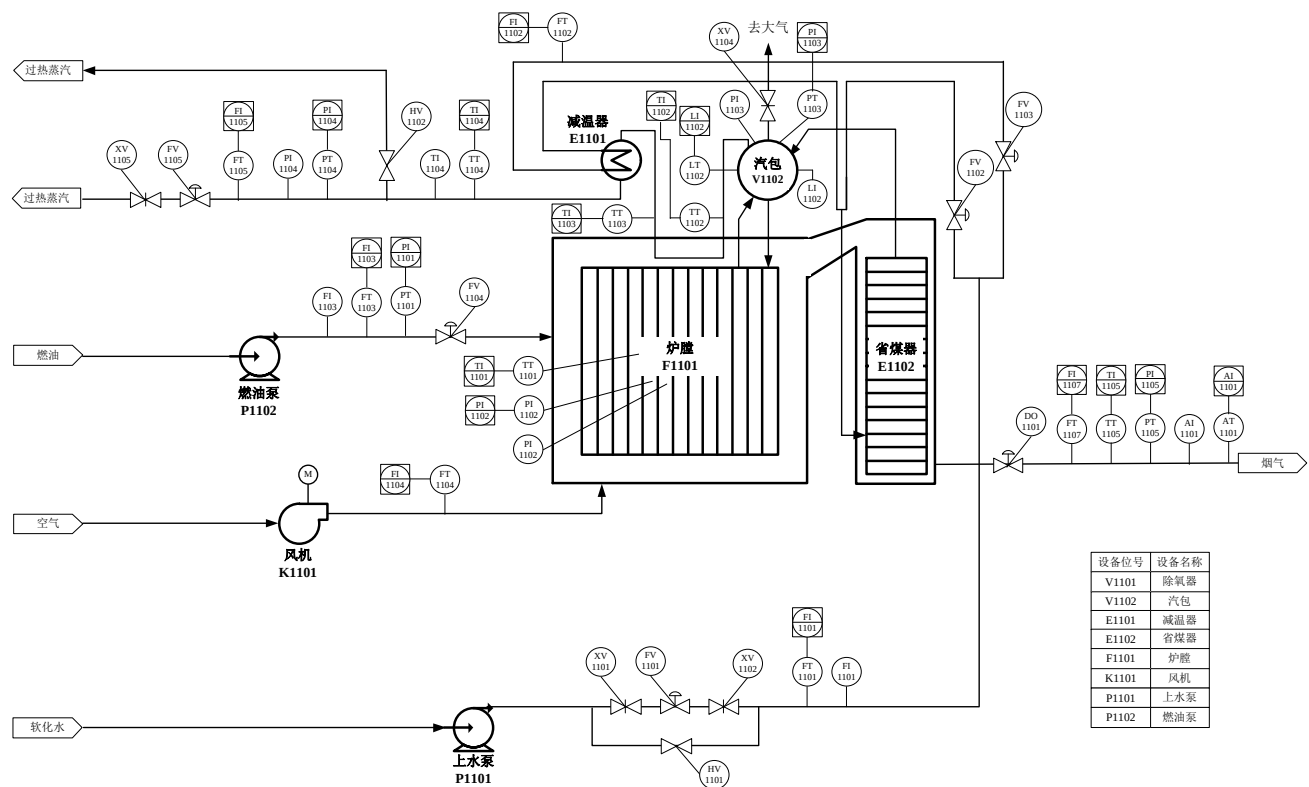


(5) 加热炉对象，工艺流程如下图所示，待加热物料经过预热后进入加热炉，燃料经燃料泵输送进入炉膛燃烧，空气由鼓风机吹入炉膛助燃。燃烧产生的热量传给物料将其加热，燃烧后的烟气经烟道通过烟囱排入大气。加热后的物料，经换热器调温后到达指定温度。可以自定义加热炉尺寸参数、空气入口参数，换热器各项参数，阀门和泵、风机的属性，以及物料、燃料、空气的温度压力和界区压力。



(6) 锅炉对象

工艺过程：锅炉对象分水汽系统和燃烧系统。水汽系统如下：软化水一部分经减温器回水至省煤器，一部分直接进入省煤器。被烟气加热至饱和水进入汽包，再经对流管束进入锅炉水冷壁，吸收炉膛辐射热，在水冷壁里变成汽水混合物，然后返回汽包进行汽水分离。之后，离开汽包的饱和蒸汽进入过热器和减温器，最终得到指定条件的过热蒸汽。燃烧系统同加热炉对象。



附录 2 端子排接线方式连接 DCS/PLC 控制系统

1. SMPT 软件配置

第一步：定义 IO 数据的上下限

由于 SMPT 模拟量输入输出接口均采用 4-20mA 电流信号，因此首先要将输入输出数据的上下限进行合理的定义。信号的上限对应于 20mA，而下限对应 4mA。

注意：由于物理模块采用的是 12 位的精度，即用 12 个 BIT 来进行模数转换。因此，输入输出数据的上下限应尽可能与当前实验工程里的仪表测量范围一致。以液位为例。LI1101 正常情况下的仪表量程为 0-100%，因此正确的做法是将其上下限设为 0-100，代表下限 0 对应 4mA,而上限 100 对应 20mA。如果将 LI1101 的上下限设得过宽，比如 0-200。那么，由于液位实际值是不可能超过 100，所以 100-200 这段范围实际上永远不可能用到的。而这样的设置导致下限 0 对应 4mA,而上限 200 对应 20mA,使得电流信号中 12-20mA 范围内的信号永远不可能用。换句话讲，相当于只用了 4-20mA 的一半量程在进行信号转换，导致的结果是浪费了有用量程，使得数据转换精度下降。反之，如果将上下限设得过窄，那么当实际数据一旦超过上限或下限，则电流信号仍以 20mA 或 4mA 输出。那么有效数据就不能正确的转换。因此，正确的作法是预估该数据在实验过程中可能波动的范围，以该范围作为上下限来设置。

具体设置过程如下：

- 1、在工具栏里点击“点定义”按钮，弹出点定义配置对话框，如图 1 所示。



- 2、在点定义对话框中，双击表格中相应的单元格，修改要输出的模拟量数据的上下限。此处 PV 与 MV 均以外部控制器的角度来称呼，PV 是控制器的输入值（对应 SMPT 的模拟量输出 AO），MV 是控制器的输出值（对应 SMPT 的模拟量输入 AI）。

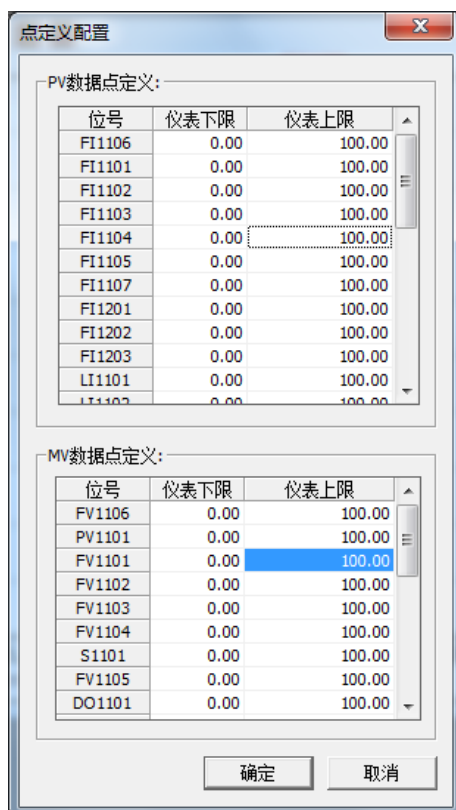


图 1

由于 MV 数据对应了控制器输出，执行机构为调节阀或开关，因此上下限缺省为 0-100%，不必进行修改。

注意：对 SMPT 的模拟量输入或输出的上下限进行设定，同时也必须要对外部 PLC 等控制器中相应的数据上下限做相同的设置。否则，收发的数据将发生错误。

第二步指定 SMPT 输入输出哪些数据？

1、点击工具栏上的 IO 按钮，



2、在弹出的对话框里，分别选择当前实验要使用的执行机构和变送器分别对应的模拟量输入输出通道。

如图 2a/b 所示，可以在位号一栏中，用鼠标点击下拉框，在弹出的位号列表中进行选择。端子号的命名请参考下一节。

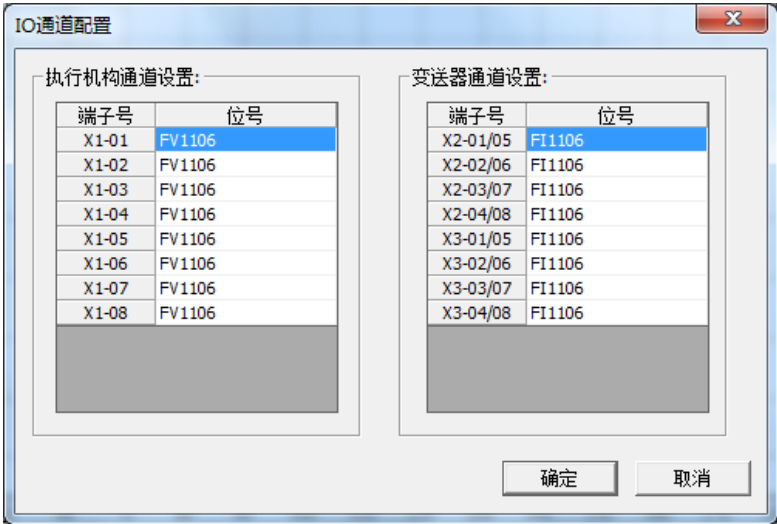


图 2a

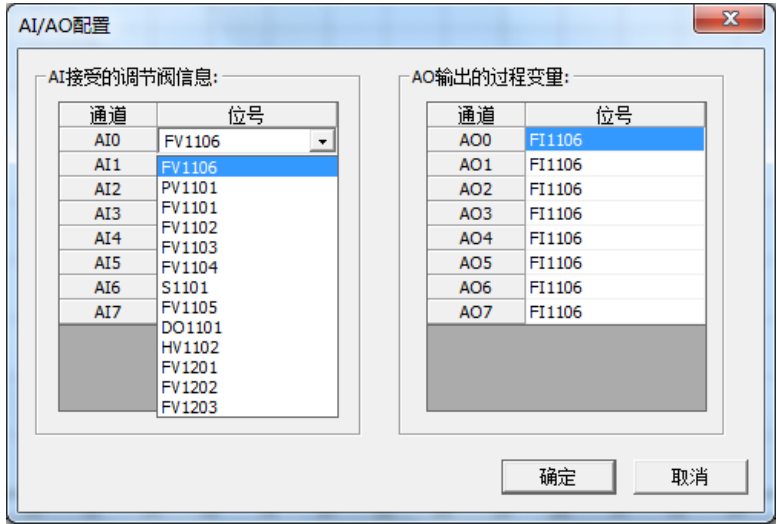


图 2b

左边表格中定义要接受外部控制器模拟量输出信号的执行机构（阀、挡板等）。右边表格中定义变送器对应的是哪些过程变量的值。

2. 端子排接线

在 SMPT-1000 设备的左侧，安装有可供模拟量与数字量输入输出的端子排。如图 3 所示。

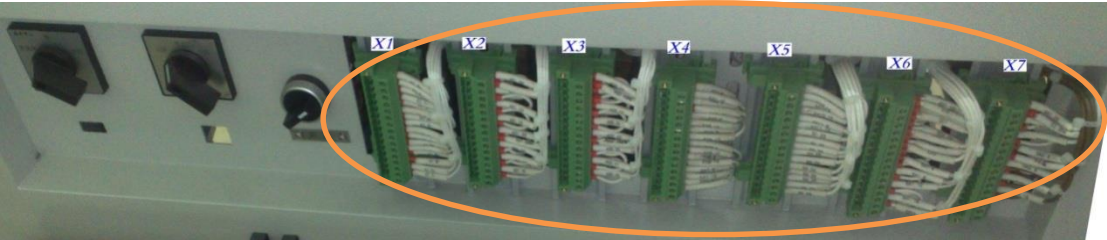


图 3

图中，绿色的即为端子排，从左往右，依次标记为 X1~X7。每个端子排有 16 位通道，每两个通道是一路信号。其中，X1 接 PLC 的模拟量输出模块；X2、X3 接 PLC 的模拟量输入模块；X4、X5 接 PLC 的数字

量输入模块；X6、X7 接 PLC 的数字量输出模块。

另外，需要说明的是，现场测量变送器的输入信号可以选用电压方式或电流方式，具体地是模块在出厂时就设置好了。因此，在与 X2，X3 接线前，首先要确认该信号采用的是哪种方式。若是电流方式，请与 X2、X3 两端子排上部 4 路连接；若是电压方式，请与 X2、X3 下部的 4 路连接。详细的通道定义，如图 4 所示。

X1		X2		X3		X4		X5		X6		X7	
X1:1+	○	X2:1+	○	X3:1+	○	风机开关	○	XV1104	○	上水泵指示	○	XV1104	○
X1:1-	○	X2:1-	○	X3:1-	○		○		○		○	指示	○
X1:2+	○	X2:2+	○	X3:2+	○	上水泵开关	○	炉膛指示	○	燃油泵指示	○	空	○
X1:2-	○	X2:2-	○	X3:2-	○		○		○		○		○
X1:3+	○	X2:3+	○	X3:3+	○	燃油泵开关	○	蒸汽指示	○	风机指示	○	空	○
X1:3-	○	X2:3-	○	X3:3-	○		○		○		○		○
X1:4+	○	X2:4+	○	X3:4+	○	点火开关	○	报警确认	○	点火指示	○	报警灯1	○
X1:4-	○	X2:4-	○	X3:4-	○		○		○		○		○
X1:5+	○	X2:8+	○	X3:8+	○	XV1102	○	紧急停车	○	XV1102	○	报警灯2	○
X1:5-	○	X2:8-	○	X3:8-	○		○		○		○		○
X1:6+	○	X2:7+	○	X3:7+	○	XV1101	○	联锁开关1	○	XV1101	○	报警灯3	○
X1:6-	○	X2:7-	○	X3:7-	○		○		○		○		○
X1:7+	○	X2:6+	○	X3:6+	○	XV1106	○	联锁开关2	○	XV1106	○	报警灯4	○
X1:7-	○	X2:6-	○	X3:6-	○		○		○		○		○
X1:8+	○	X2:5+	○	X3:5+	○	XV1105	○	联锁开关3	○	XV1105	○	空	○
X1:8-	○	X2:5-	○	X3:5-	○		○		○		○		○

图 4

3. 外部控制器配置注意事项（以西门子 ET200M 为例）

1、SMPT 模拟量输入输出均采用两线制，因此需要注意 DCS/PLC 端 IO 模块的接线方法。具体请参考该 IO 模块的说明书。

2、SMPT 端子排输入输出均是无源的，因而对 4-20mA 的模拟量输入输出接线时，用户需要确认回路中是否已有电源。

3、在 SMPT 通过端子排输入输出与 DCS/PLC 通讯时，请检查设备侧面的两个内外控开关是否已拨到外控档位。

以西门子 ET200M 为例，SMPT-1000 与 ET200M 信号连接的示意图如图 5 所示，ET200M 如图 6 所示。

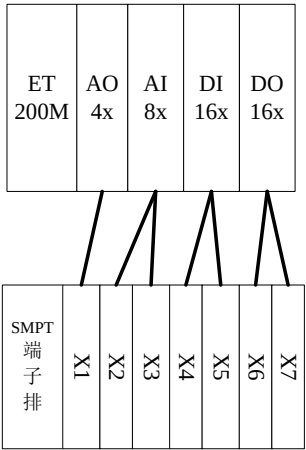


图 5



图 6

附录 3 Profibus-DP 通讯方式连接 DCS/PLC 控制系统

1 系统要求

操作系统：Windows XP Windows 7 串行端口：1 个（COM1）

2 硬件设置

Profibus-DP 从站通讯模块使用的是泗博 PM-125，如图 1 中所示。

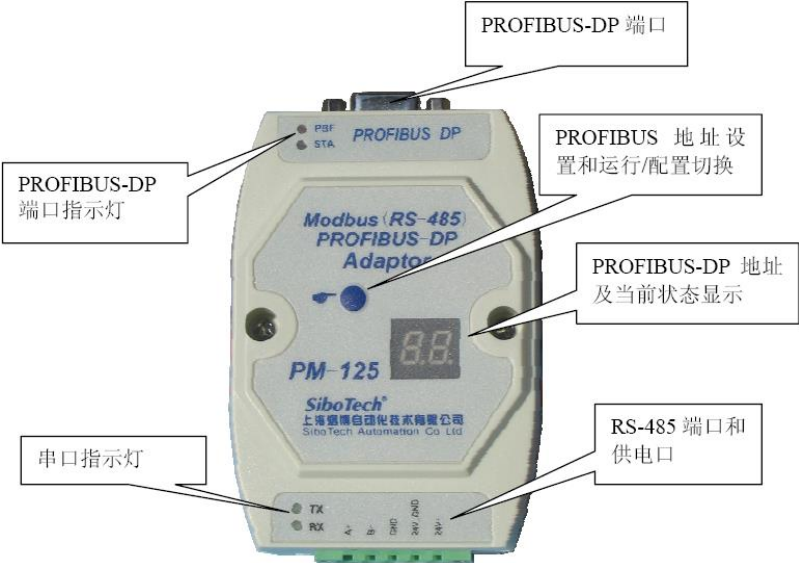


图 1 PM-125 模块

要对其在 Profibus 总线上的地址进行设置，用螺丝刀拧掉两侧螺丝，打开上盖，即可看到内部的地址拨盘，对其进行设置即可，一般选择设置为 7。该模块有四个指示灯，分别为 PBF\STA\TX\RX。指示灯状态及含义如下表 1 所示。

表 1 PM-125 指示灯状态及含义

指示灯	状态	含义
STA	绿灯闪烁	Profibus-DP 总线上有数据通讯
	绿灯灭	无数据通讯
PBF	红灯常亮	Profibus-DP 总线数据通讯失败
	红灯灭	数据通讯正常
RX	绿灯闪烁	串口接收有数据
	绿灯灭	串口无接收数据
TX	绿灯闪烁	串口发送有数据
	绿灯灭	串口无发送数据

2 软件设置

1) ProfibusDP Agent 设置

ProfibusDP Agent 主要有三个功能，通讯连接情况诊断、数据实时监视、数据接收和发送。操作界面主要有两个，主界面如图 2 所示，串口配置界面如图 3 所示。

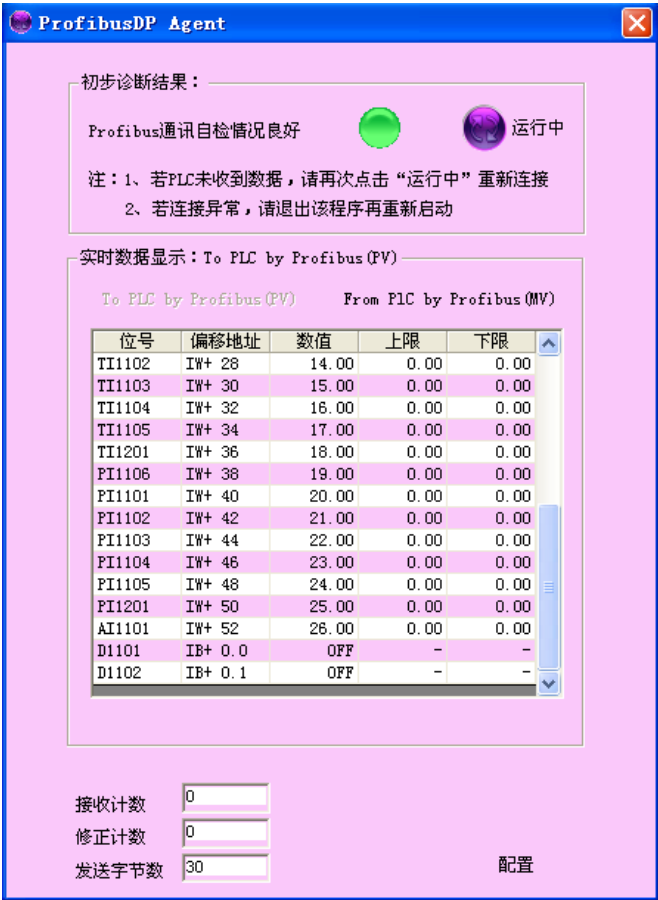


图 2 ProfibusDP Agent 主界面

主界面中，绿色的指示灯，表示与硬件设备及 SMPTLab 的连接状态。如果所有设备都连接正常，那么指示灯变为绿色，只要有一个设备连接异常，就会显示为红灯。点击该指示灯，就会看到各个设备当前的连接状态。

绿色指示灯右边的按钮，表征的是当前软件的运行状态，点击可以操作运行和停止。紫色表示程序正在运行，灰色表示程序已停止。

实时数据显示栏显示的是通过 Profibus 总线传递的数据值。分为 To PLC by Profibus(PV)和 From PLC by Profibus(MV)两种，点击不同的按钮显示不同的值。

左下角的“发送字节数”在 PLC/DCS 上进行通讯配置的时候会用到。

右下角的“配置”按钮，是用来对使用的串口进行配置，包括串口号、波特率等。点击该按钮，将打开如图 3 所示的串口配置界面。



图 3 串口配置界面

泗博 PM-125 模块使用串口 COM1 进行通讯，波特率为 19200。

ProfibusDP Agent 程序启动后，图标会自动显示在桌面右下角的任务栏里，如图 4 所示。双击该图标，即可打开主界面，如图 2 所示。



图 4 系统托盘显示

2) 西门子 PCS7 上进行的通讯组态部分

由于该通讯软件在实现上依赖于泗博 PM-125 模块，所以在西门子 PCS7 端也需要对该 Profibus-DP 从站模块 PM-125 进行相应的软硬件配置。具体说明如下。在所有常规硬件组态完毕后进行如下操作：

(1) 安装 PM-125 对应的 GSD 文件。在 HW Config 页面下点击 Options 菜单→Install GSD File → Browse 找到 PM-125 的 GSD 文件，名为 PM125V20.gsd，点击 Install 按钮安装即可。

(2) 添加 PM-125 模块到硬件组态画面中。在 Catalog 中选择 Profile: Standard。下面出现树状菜单，依次打开 PROFIBUS DP → Additional Field Devices → General → CONVERTER → PM125，拖动该组件到 PROFIBUS(1): DP master system(1)上。弹出组件配置窗口，Address（地址）设置为 7（与之前拨盘选择保持一致），点击 OK。

(3) 添加 AIAO DI\DO，并设定它们的起始地址。

点击(7) PM-125 组件，在详细信息配置窗口表格第 1 行任意位置单击，在 Catalog 的 PM125 中选择 Universal module 并双击，该模块将自动添加到 PM125 详细信息配置窗口的第 1 行。从菜单中选择 Edit → Object Properties...，将打开 Properties – DP Slave 对话框。在 I/O Type 中选择 Input，在随后出现的 Input 组中，将 Start Address 设置为 0，Length 设置为 2，Unit 设置为 Byte。

在 PM125 组件详细信息配置窗口的第 2 行添加 Universal module，打开其 Properties – DP Slave 对话框。在 I/O Type 中选择 Input，在随后出现的 Input 组中，将 Start Address 设置为 512，Length 设置为 27，Unit 设置为 Words。

在 PM125 组件详细信息配置窗口的第 3 行添加 Universal module，打开其 Properties – DP Slave 对话框。在 I/O Type 中选择 Output，在随后出现的 Output 组中，将 Start Address 设置为 0，Length 设置为 4，Unit 设置为 Byte。

在 PM125 组件详细信息配置窗口的第 4 行添加 Universal module，打开其 Properties – DP Slave 对话框。在 I/O Type 中选择 Output，在随后出现的 Output 组中，将 Start Address 设置为 512，Length 设置为 14，Unit 设置为 Word。

(4) 定义发送字节数和发送命令字

定义发送字节数存储在输出模组的第二个字节中。输出模组首地址被设置为 0, 则要存储的地址为 QB1; 发送字节数在图 2 程序界面左下方有显示。

实现方法举例如下: 在 Component View 中找到 Blocks, 右键在空白处单击, 在弹出菜单中选择 Insert New Object → Variable Table, 命名为 Observer。在第一行添加 QB 1, Modify value 修改为 B#16#1E, 即十进制 30。(用户也可用 SCL 语言实现或其他方法实现, 只要将 QB 1 处值置为 30 即可。)

使输出模组首字节的第一位数据 0→1→0→1 变化。其值变化一次, 则会发送一批数据到 PM-125 模块。需要变化的位为 Q0.0。

实现方法举例如下: 输入模组第一个字节中存放了接收计数, 则输入模组第一个字节 IB0 的最低位 IO.0 对应的值是 0→1 变化的。可以在进入 CFC 画面, 添加一个 DI 模块, 一个 DO 模块, DI 的输出连接到 DO 的输入端。DI 的输入取地址 I 0.0, DO 的输出取地址 Q 0.0。

注 1: CFC 编程时, 还要设置 DIDO AIAO 模块 mode 值为 16#80010203 才能正常工作, 须注意。

注 2: 关于以上第 (4) 个步骤的 SCL 实现方法详见附录 1。

3 常见问题及解答

问题	原因	解决方法
1. 为什么程序启动后 PBF 灯为红色?	一般情况下为 COM1 未能正常开启。	查看 COM1 是否连接有 232/485 模块; 查看是否已经启动了一个 ProfibusDP Agent 从而将 COM1 占用了; 查看是否有其它程序占用了 COM1。关闭这些程序即可。
2. 为什么下装程序后 泗博模块的 STA 灯依然不亮, PBF 灯为红色?	DCS 和 PM-125 之间未能建立连接。	查看泗博模块地址是否设置为 7; 查看 PCS7 硬件组态中 PM-125 模块的地址是否设置为 7; 检查 DCS 是否下载硬件配置; 查看 Profibus 线是否正常, 可以换一根线试试。
3. 为什么连接建立后 DCS 端不能接收到数据?	若 ProfibusDP Agent 的诊断灯为绿色, 并且泗博模块的 TX 灯为绿色闪烁, 则连接正常。 若不能接收数据则应该为 PCS7 编程中出现问题。	查看通讯组态中第三步的 I/O 通道设置时, 起始地址选择和程序中用到的地址是否匹配。
4. 为什么 DCS 能接收到数据, 但是 ProfibusDP Agent 不能接收到 DCS 发送的数据?	没有正确设置发送字节数或者没有正确修改发送命令字。 观察泗博模块的 RX 灯, 若 RX 灯不亮, 说明没有正确设置发送字节数和发送命令字。	请认真阅读上文软件设置中的 第 (4) 步骤 。 另外, 如果 CFC 中输出的地址有重复, 比如有两处输出到 QW512, 则 ProfibusDP Agent 里该地址收到的数据会出现错误。
5. 为什么 DCS 和 ProfibusDP Agent 的数据不能互相对应?	很可能的原因是波特率设置不一致。	将 DCS 硬件组态窗口中 PM-125 模块的波特率、ProfibusDP Agent 串口配置窗口中的波特率和 PC 自身的串口配置串口中的波特率设置为统一值。

4 通讯程序示例

1) 利用 SCL 语言完成 Profibus-DP 通讯组态

第一步：在 Component View→S7 Program→Sources 里，添加一个 SCL Source 文件。比如，取名为 COMM。

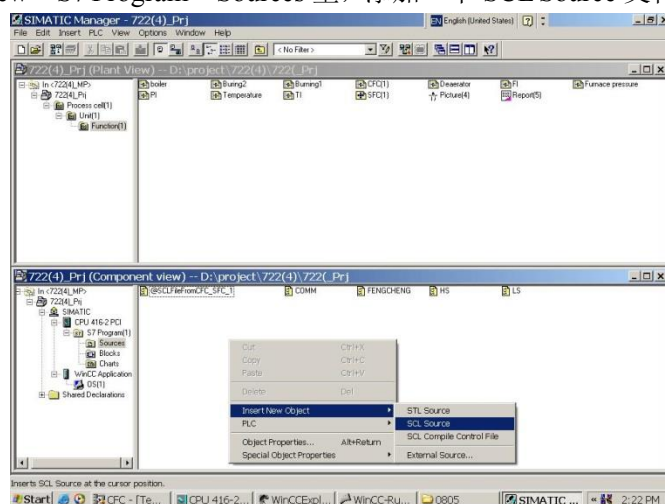


图 1 建立 SCL Source 文件

第二步：打开该 SCL 文件，将通讯代码添加到里面去，编译，保存即可。（见附录 2。）

第三步：此时，切换到 CFC 中去，在左侧 block 标签里，找到 S7 Program 项，在其中找到我们刚添加的 SCL 块的名称。比如，FB2046。用鼠标将其拖到右边的 CFC 中。

第四步：最后将 CFC 编译，下载。设置生效。

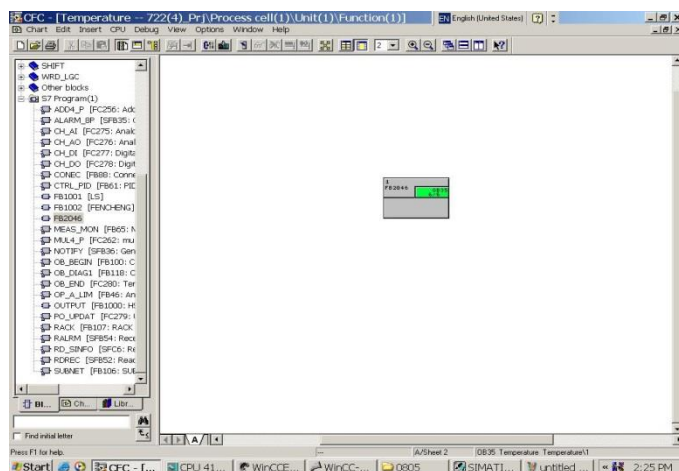


图 2 将该 SCL 块添加到 CFC 中

2) 通讯 SCL 代码

FUNCTION_BLOCK FB888

QB1:=30;

Q0.0:= I0.0;

END_FUNCTION_BLOCK

附录 4 以太网通讯方式连接 DCS/PLC 控制系统

硬件结构：

1 根网线连接工控机和 CPU，另 1 根网线连接 CP 模块和工程师站

第一步 PCS7 示例程序的建立

1. 打开 PCS7，建立项目名称为“SMPTIEtest”的项目

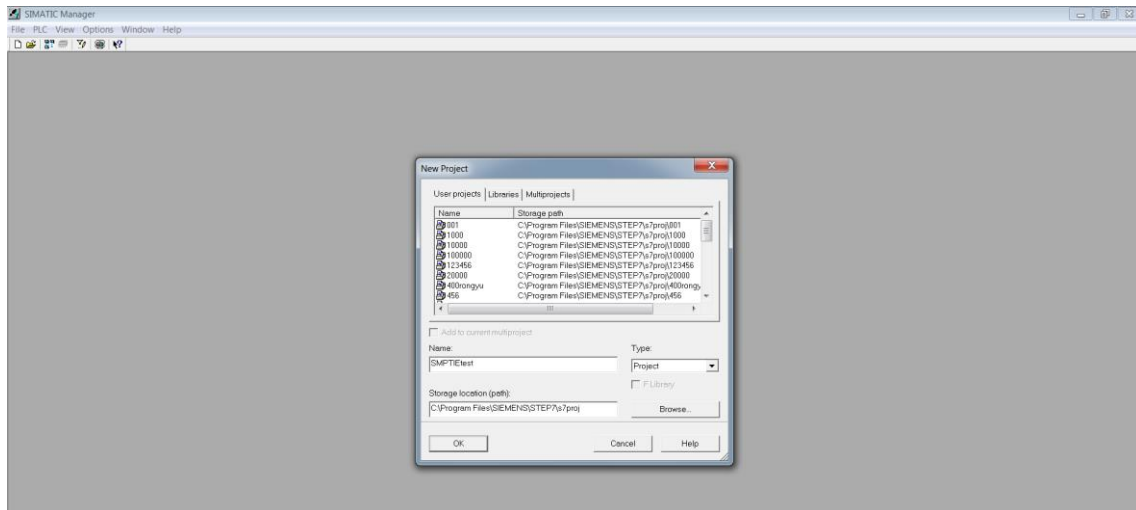


图 1 建立项目

2. 添加 400station 后在组态视图“Component view”双击进入“Hardware”进行硬件组态。
组态过程中无需添加 DP 线和 PM125 模块，建立 CPU（192.168.0.1）和 CP 模块（192.168.0.2）的以太网口即可。

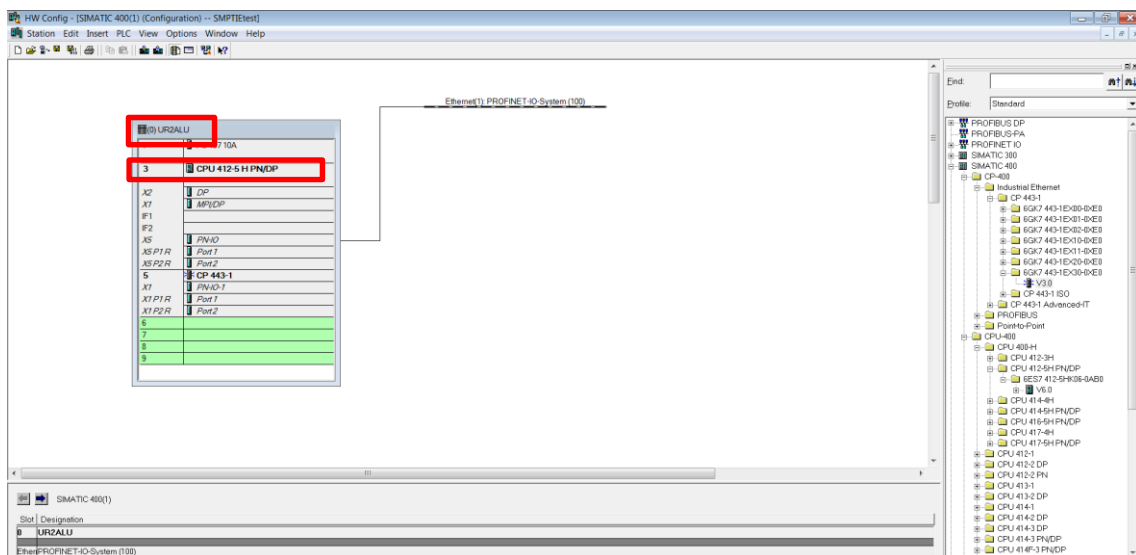


图 2 硬件组态

***注意：**红色提示框内容的信息为 PLC400 的机架号和 CPU 所在的卡槽号，此处后续以太网通讯时需要设置

将硬件组态编译下载至 PLC 中。

第二步 DB 数据块的建立

1. 回到组态视图中，在 CPU 中的 S7 Program 中的 Block 中建立 DB 块，用来存放输入输出变量。输入变量存放在 DB1 中，命名为“PV_IN”；输出变量存放在 DB2 中，命名为“PV_OUT”

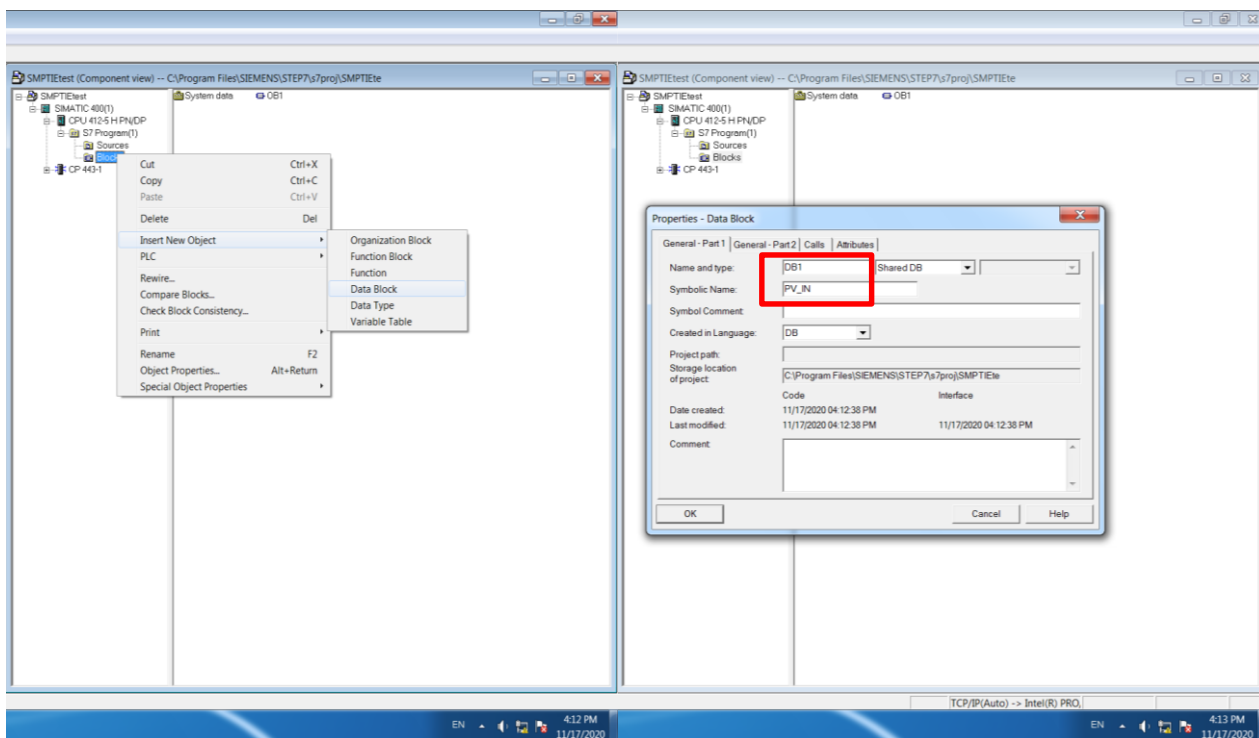


图 3 DB 块的建立

***注意：**一定要给创建的 DB 块命名，并且 DB 块的编号要在 1-60，否则 CFC 中无法读取 DB 块进行变量连接

2. 将 IO 列表中的输出输出变量导入到对应的 DB 块中，先添加数字量，再添加模拟量，保存并退出



图 4 输入（左）、输出（右）变量的名称及地址

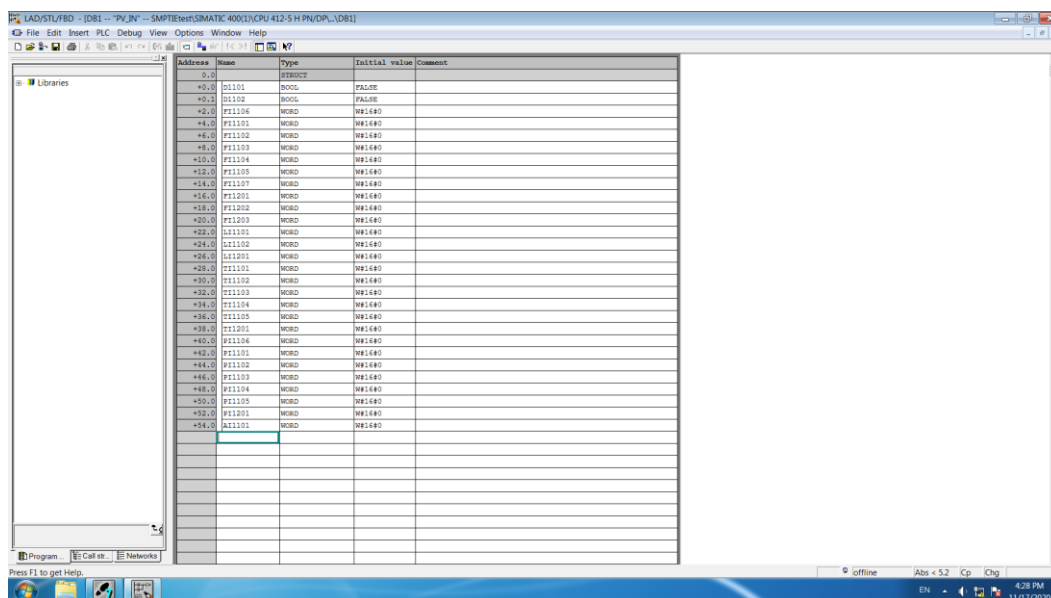
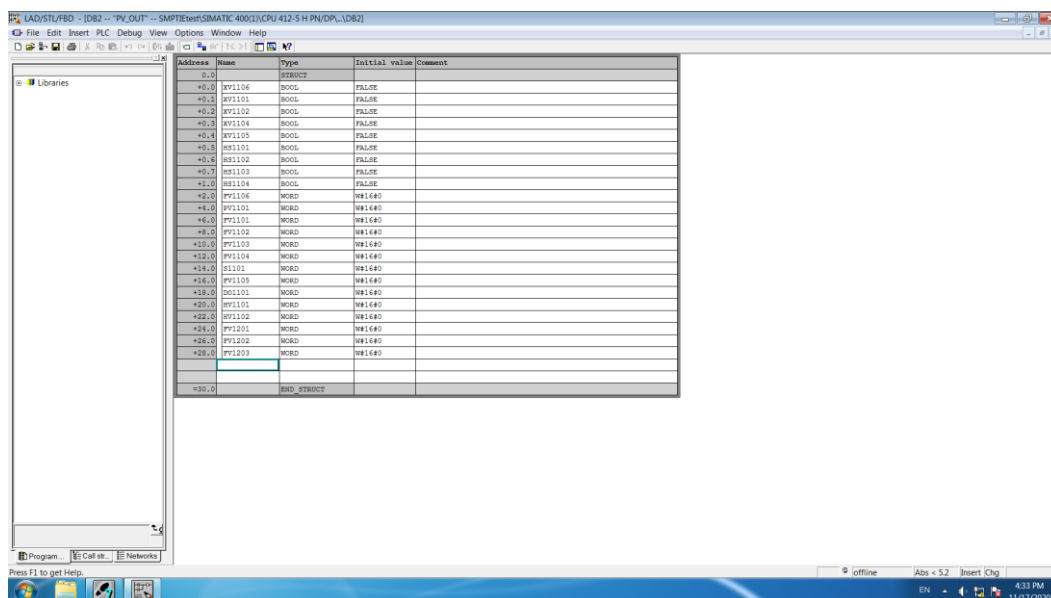


图 5 输入变量 DB1



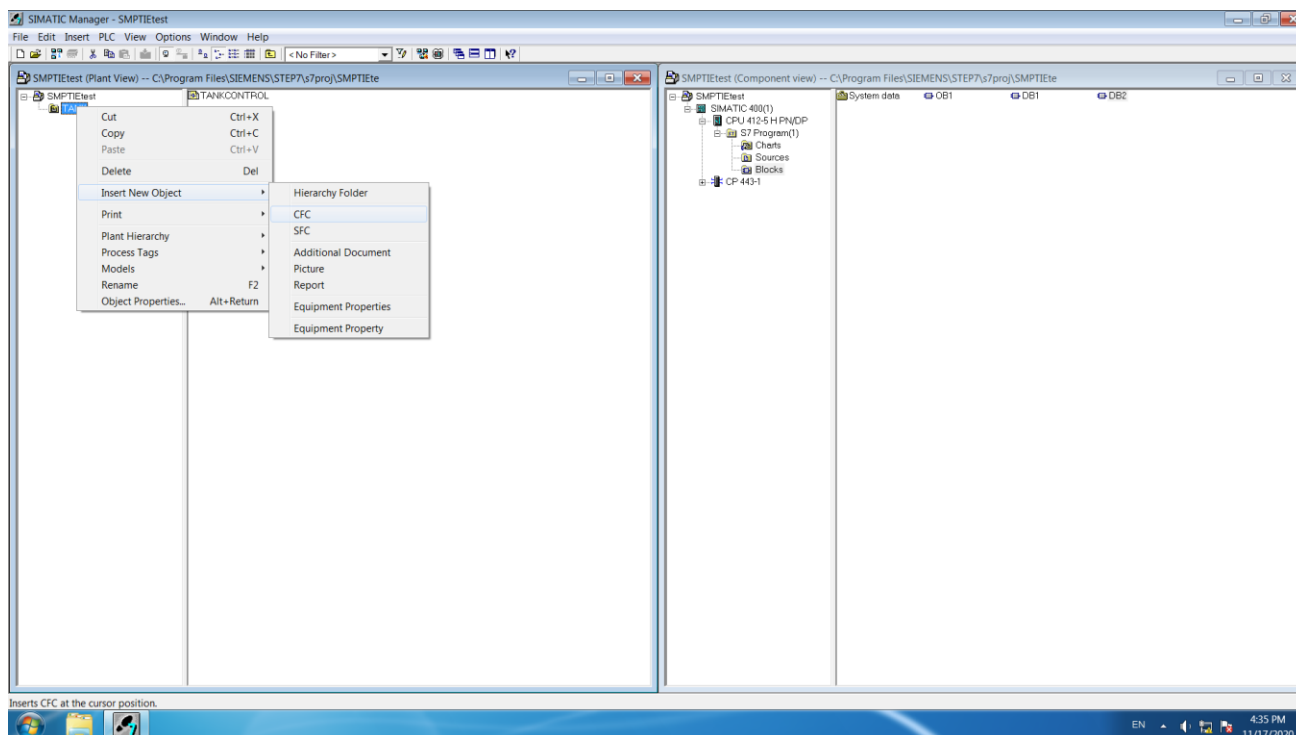


图 7 CFC 的创建

2. 双击进入 CFC，搭建液位控制单回路

1) 添加模拟量输入输出读取块，并将 Mode 管脚值修改为 “16#80010203”

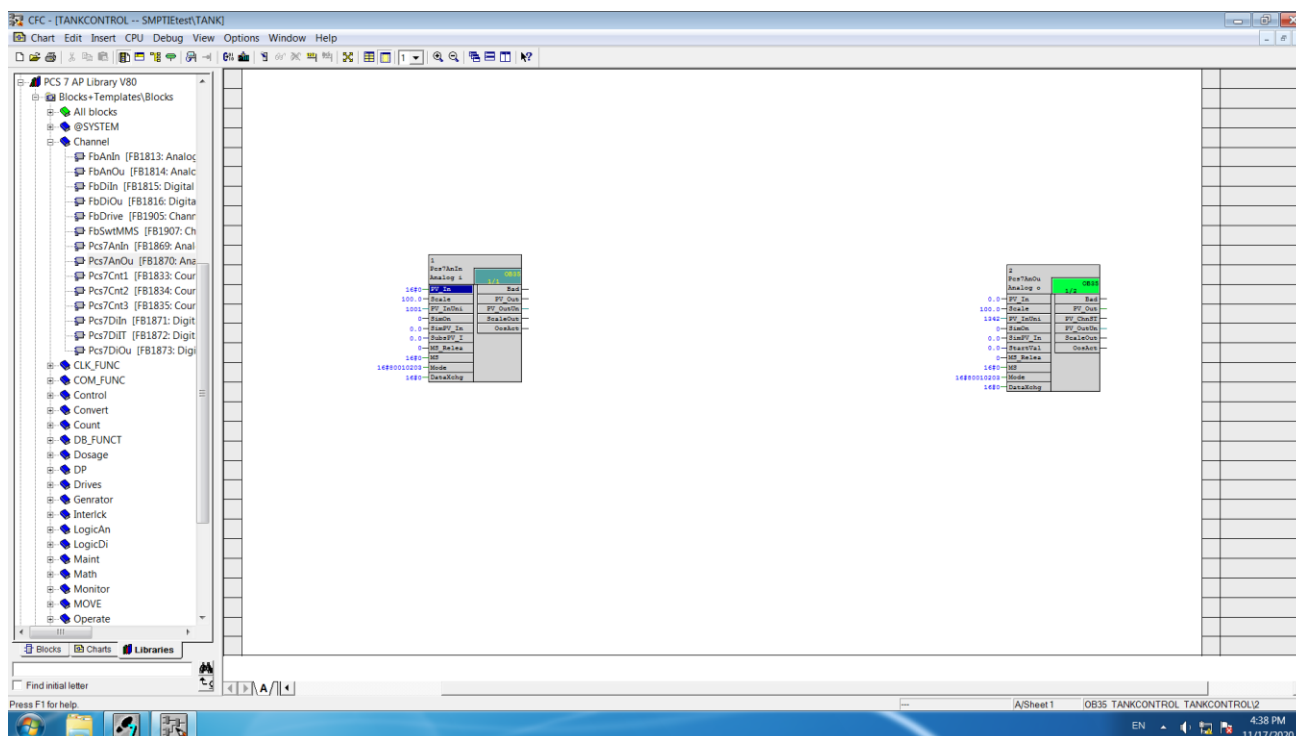


图 8 读取块的建立

2) 连接变量。将模拟量输入读取块的 Pv_In 管脚连接至 DB1 中的 LI1101、模拟量输出块的 Pv_Out 管脚连接至 DB2 的 FV1106

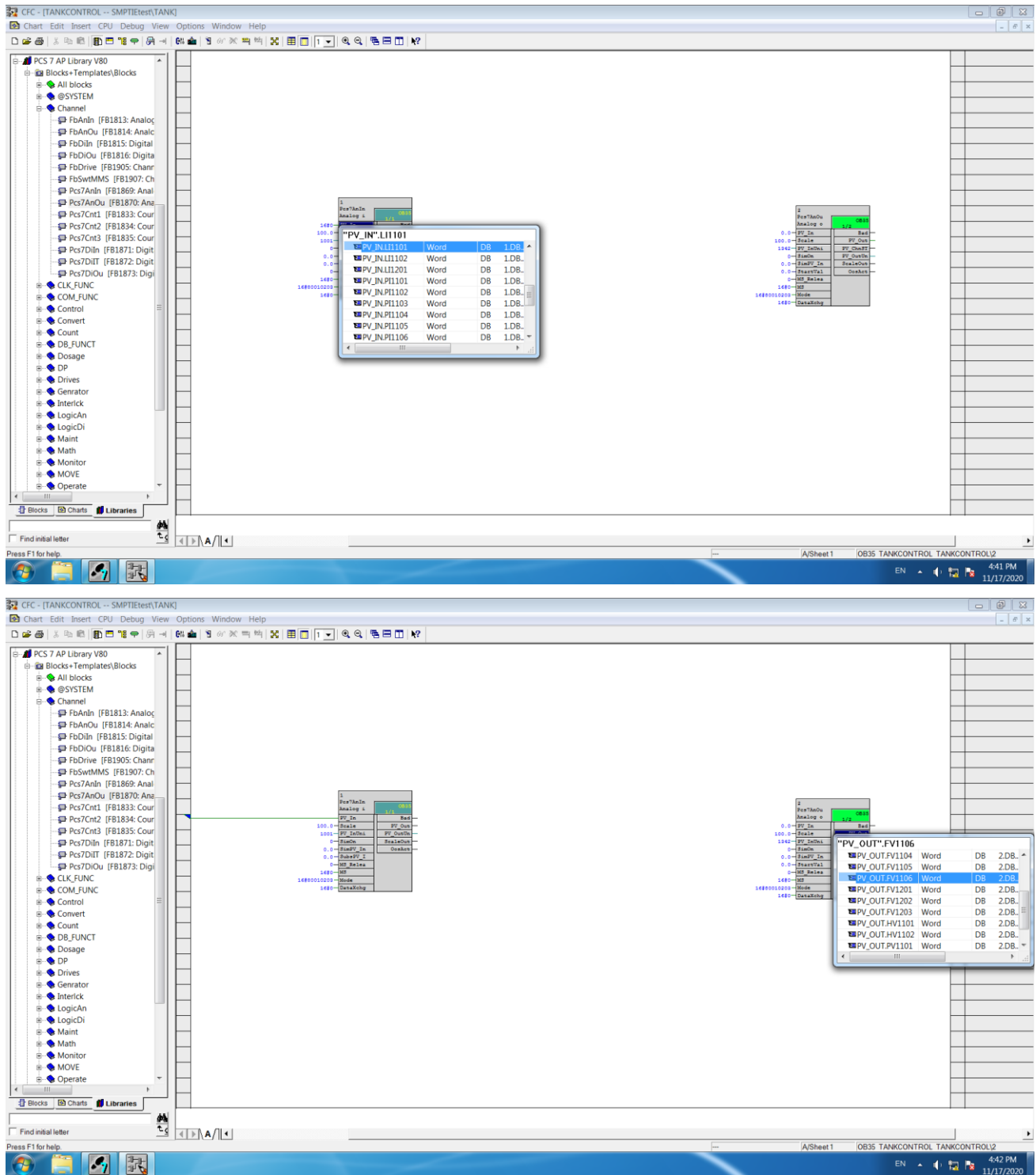


图 9 变量连接

3) 控制回路的搭建。在库中调用 PID 块，并将模拟量输入块的 Pv_Out 管脚连接至 PID 的 PV 管脚、PID 的 MV 管脚连接至模拟量输出块的 Pv_In 管脚，构成回路

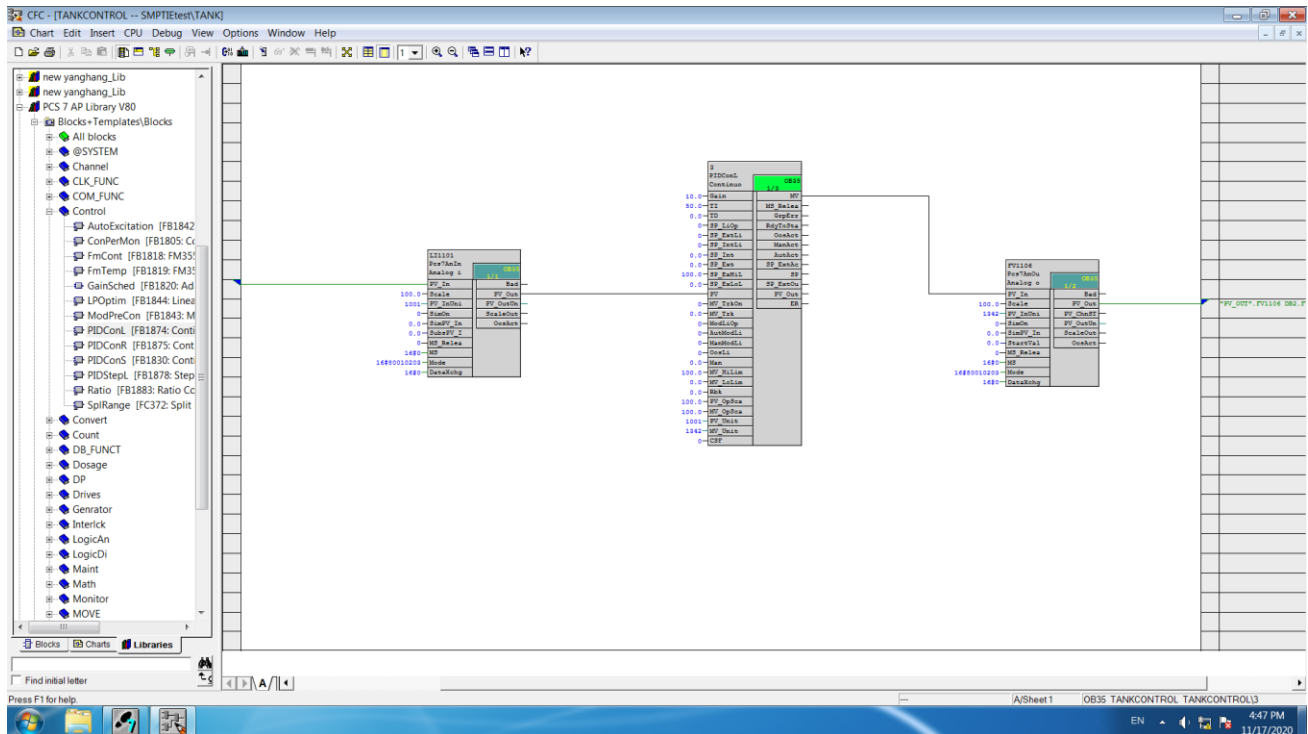


图 10 液位控制单回路的搭建

编译、下载 CFC

第四步 通讯的连接

1. 在桌面上打开软件“CEthernet”，图标如下：



2. 进入主界面后，点击配置

3. 在配置界面需要配置的信息如下：

1) PLC 的地址、机架槽和 CPU 卡槽号，根据 PCS7 项目中的硬件组态可以得知：

PLC IP:192.168.0.2 机架号：0 CPU 卡槽号：3

2) DB 块编号的设置。输入 DB 块的编号为 1、输出 DB 块的编号为 2

3) 模拟量的字节长度为 2 bytes，类型为 WORD、控制 PLC 为 S7300/400

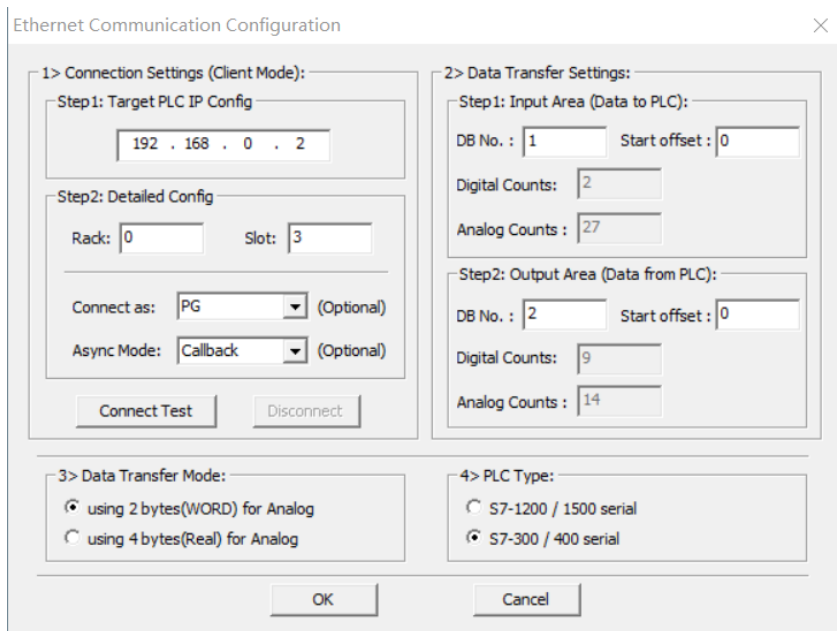


图 11 信息配置界面

4. 测试通讯是否成功。在配置完信息后, 点击“Connect Test”通讯成功后, 会出现一下界面:

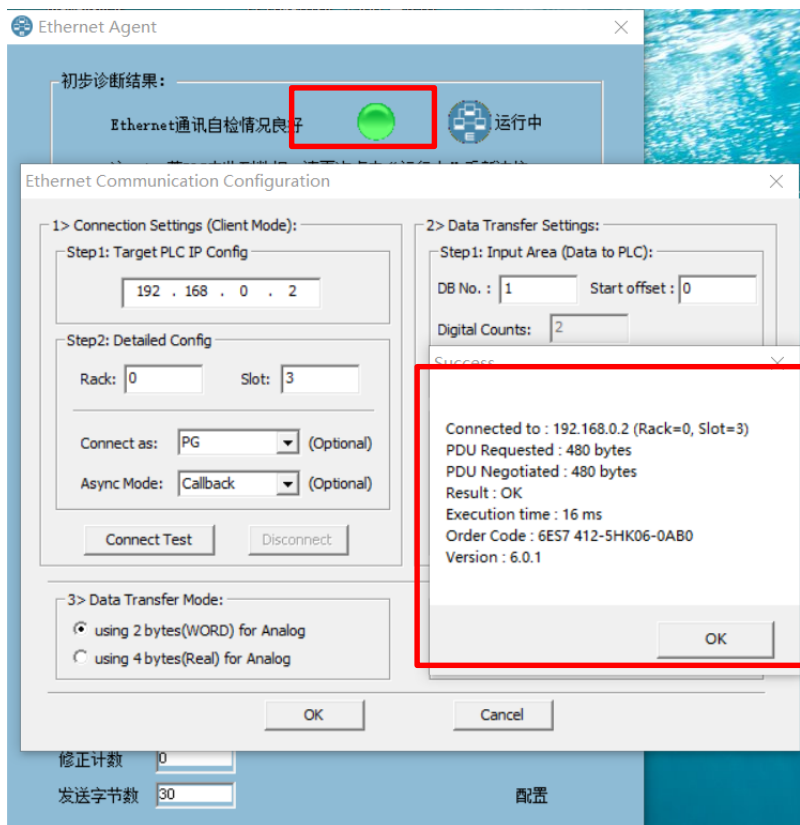


图 12 通讯成功界面

第五步 SMPTLab 的设置

1. 打开 SMPTlab, 打开 Tank 实验, 将阀门 FV1106 控制方式设置成 Ethernet

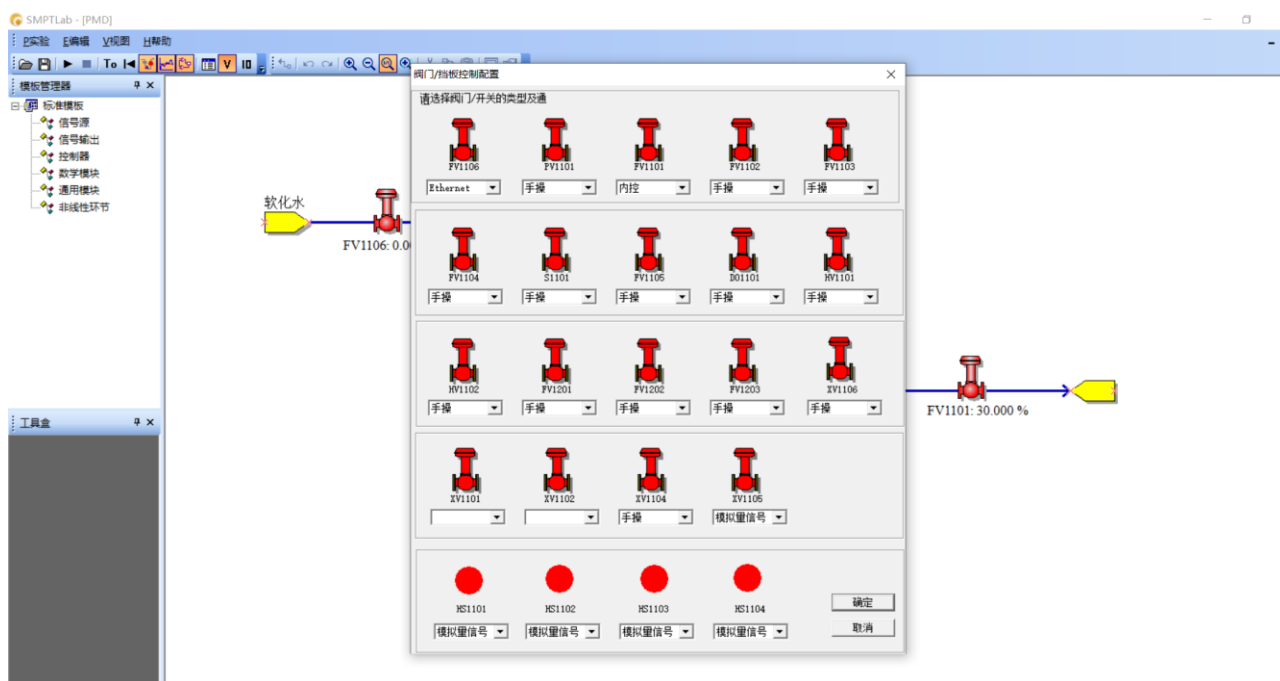


图 13 阀门控制方式选择

2. 打开泵 P1101，将出口阀门 FV1101 开度调至 30%，点击开始运行

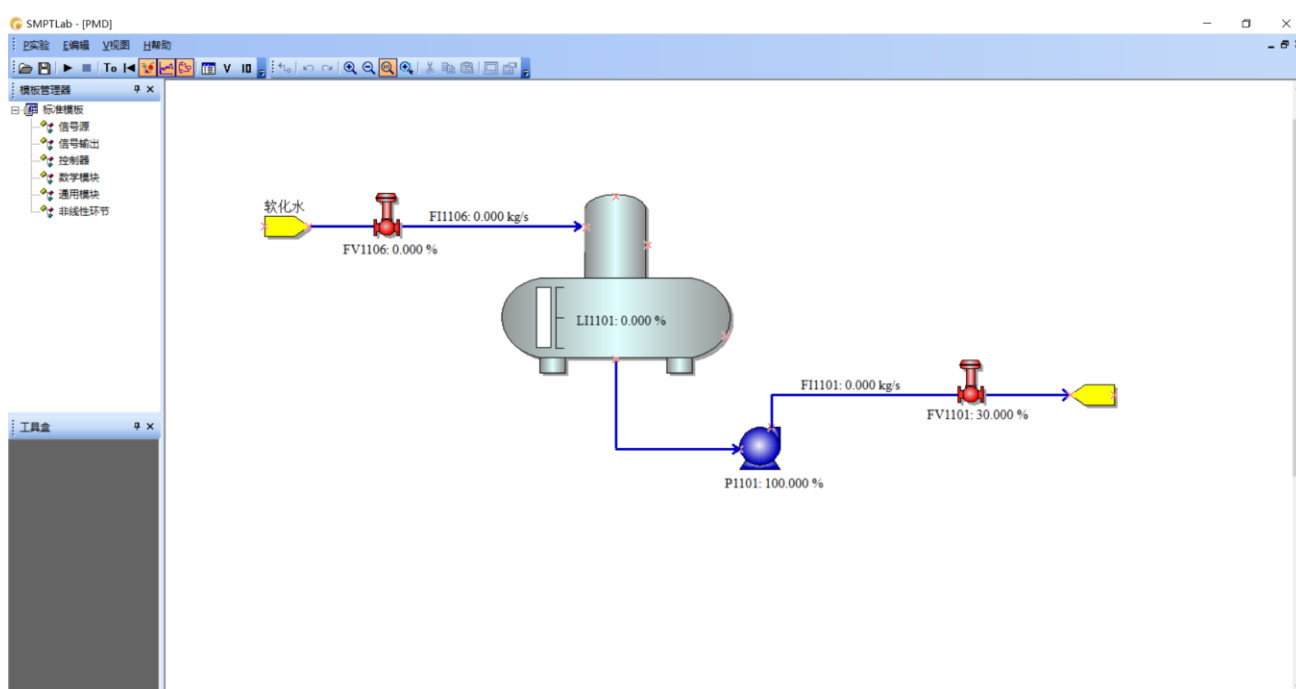


图 14 开车准备

3. 回到 CFC 中，将所有块监控，将 PID 的 sp 值设为 50，出现界面如下代表通讯成功

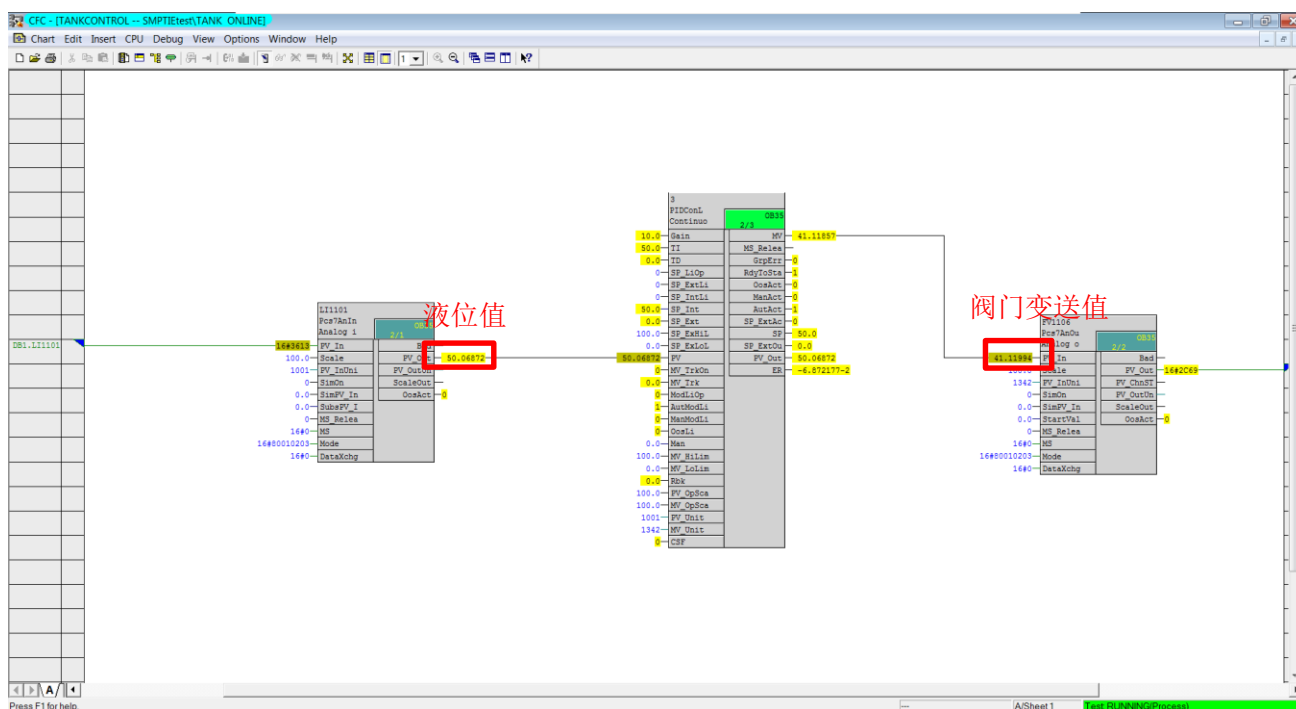


图 15 CFC 中数据显示

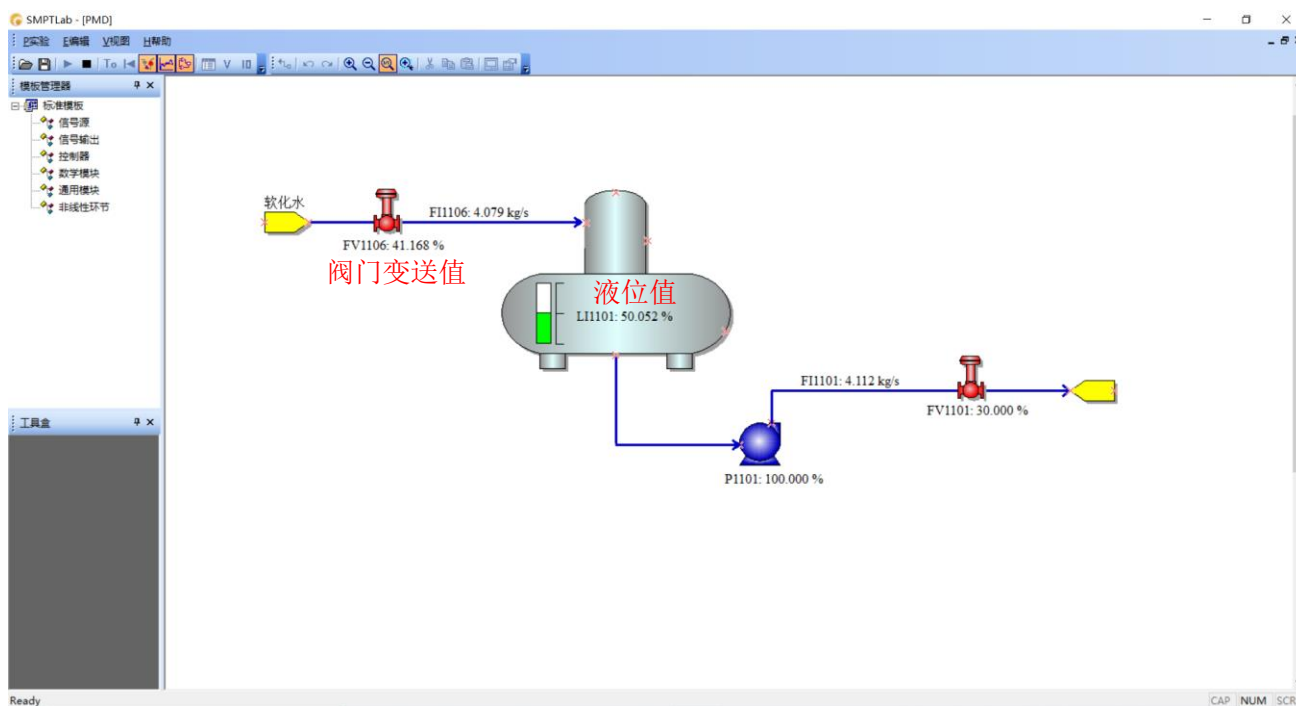


图 16 SMPTLab 中数据显示

通讯成功后 CFC 中显示的数据与 SMPTLab 中的数据一致，以太网通信的建立已经成功

附录 5 OPC 通讯方式配置说明

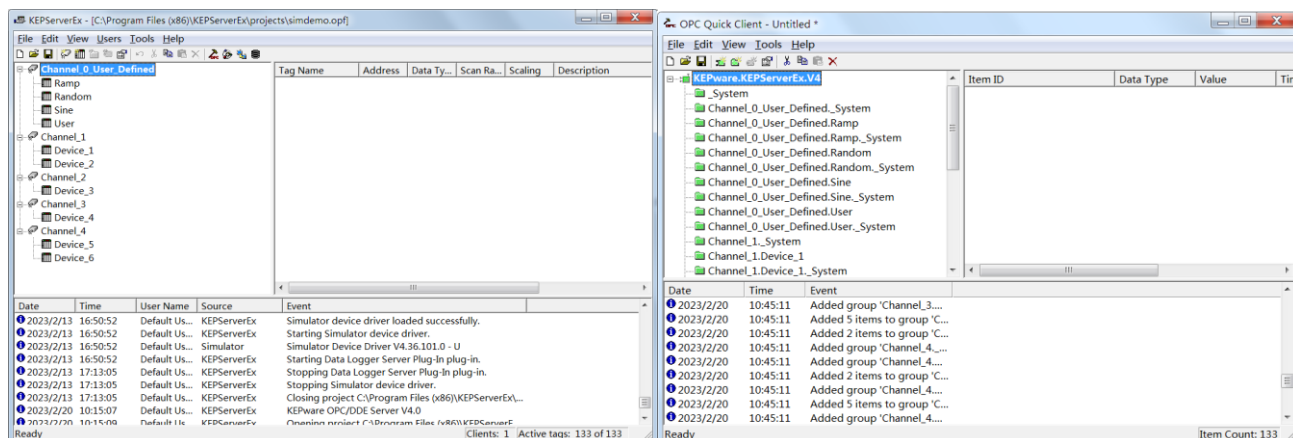
OPC 通讯分服务端和客户端，服务端即是 SMPT1000 运行的机器，向客户端实时提供运行数据（SMPT1000 的仪表数据），同时接收客户端发过来的 MV 数据（客户端自行设置的阀门、泵等的的数据）。

以下示例，在工控机上同时运行 SMPT1000 以及 OPC 客户端软件时，如何实现数据的读和写。若是使用其他电脑作为 OPC 客户端，需要进行防火墙、DCOM、IP 地址等诸多配置，详见本章节后续内容。

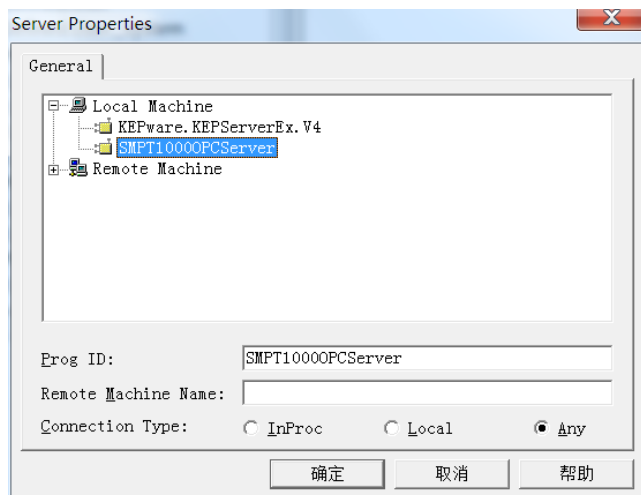
附录 5-1 本机的 OPC 数据读写

选择 SMPT1000 自带的 KEPServerEx 软件作为 OPC 客户端软件。具体操作如下：

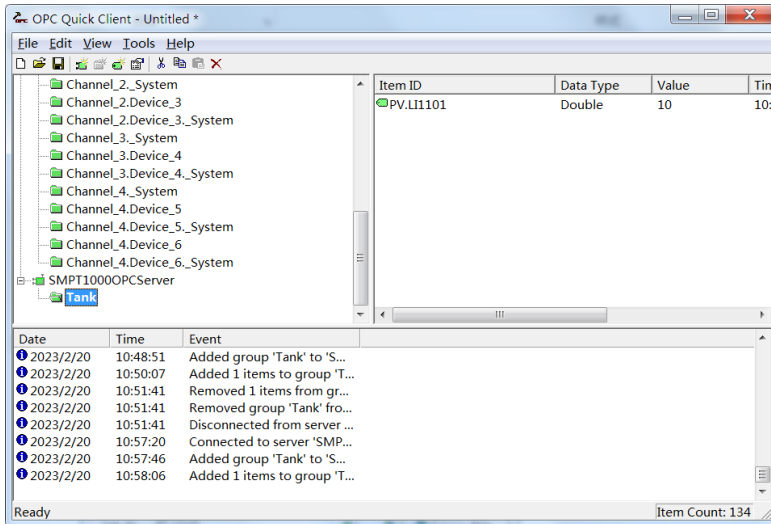
1. 打开 SMPT1000 软件，加载 Tank 工程文件，设置 FV1106 为 OPC 方式，并运行
2. 运行 SMPTOPCServer.exe;
3. 双击 KEPServerEx V4.0，如下图左图所示。在工具栏上单击图标 （QuickClient），弹出 OPC Quick Client 窗口，如下图右图所示；



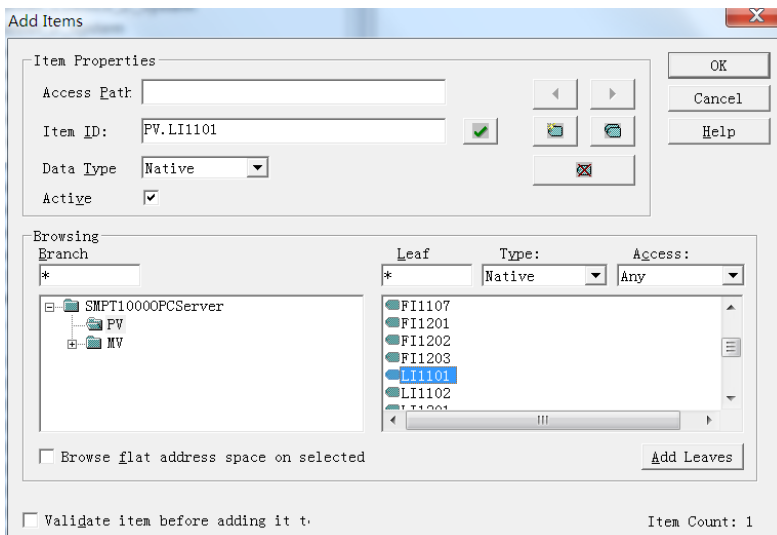
在 OPC Quick Client 窗口工具栏中点击图标 （New Server），弹出 Server Properties 窗口，如下图所示。选择 Local Machine 下面的 SMPT1000OPCServer，点击确定。



添加了 SMPT1000OPCServer 后，在此条目上右键，选择 New Group，输入 Tank，点击确定后，返回 OPC Quick Client 窗口。

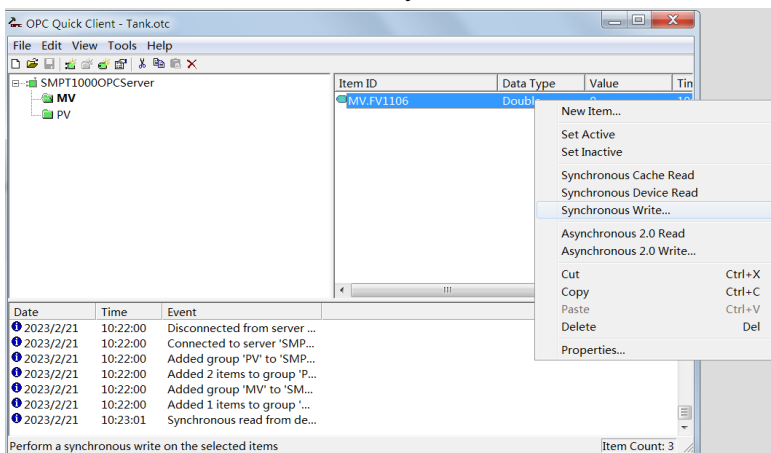


继续在 Tank 右键，选择 New Item，弹出 Add Items 窗口，如下图所示。展开 SMPT1000OPCServer，有 PV 和 MV 两组变量可供读写。下图以 PV 分组下的 LI1101 为例，双击“LI1101”标签后，点击 OK

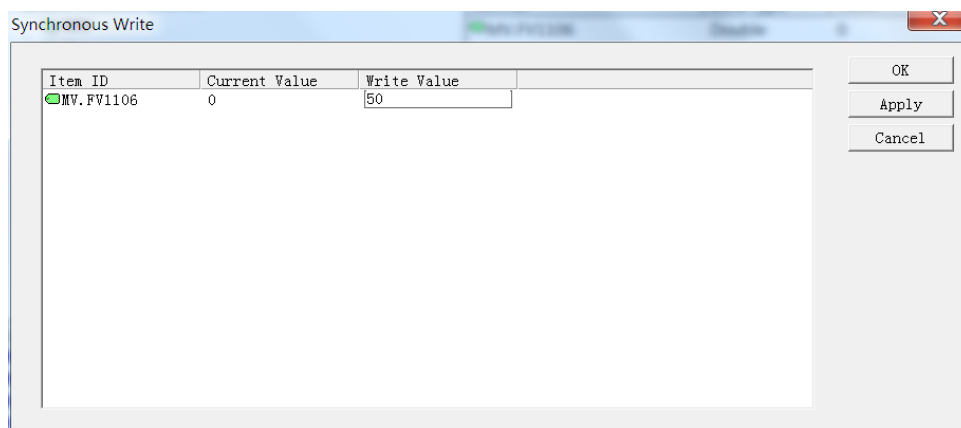


返回 OPC Client 窗口后，即可观察到 LI1101 数据的实时变化。

也可以使用同样方法，添加 MV 分组下的阀门变量 FV1106。写入数据的操作如下图所示，右键 Item ID 列表里的 MV.FV1106，菜单选择 Synchronous Write...



在弹出的 Synchronous Write 窗口中，Write Value 列中输入写入值（比如 50），点击 OK



若是 SMPTLab 中已经设置了 FV1106 的阀门受控方式为 OPC，此时 FV1106 的开度即为 50.

附录 5-2 远程 OPC 数据读写

第一步 服务端（SMPT1000 运行的机器）配置说明

系统：WIN XP，请遵循以下步骤进行配置：

1、账户设置

用 Administrator 用户建立一个拥有管理员权限的用户并设置密码，密码不能为空，如：用户名：SMPTUser
密码：123。用 SMPTUser 登入。

2、防火墙设置

可做下列 2 项之一。

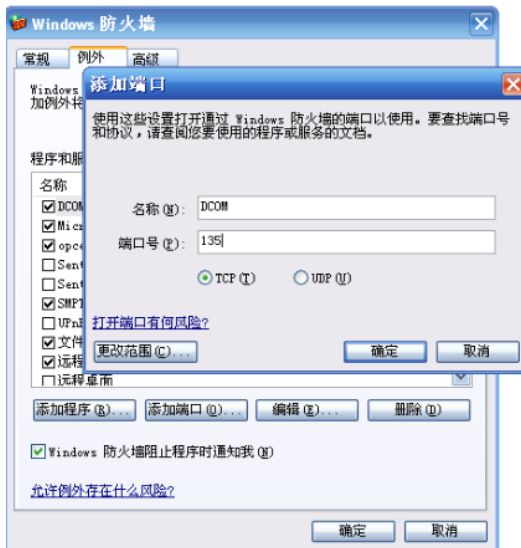
- (1) 关闭 windows 防火墙。
- (2) 不关闭防火墙的情况下，需要做如下操作：
 - 1) 进入控制面板→ windows 防火墙→ 开启防火墙。



2) 点击“例外”选项卡，勾选“文件和打印机共享”。



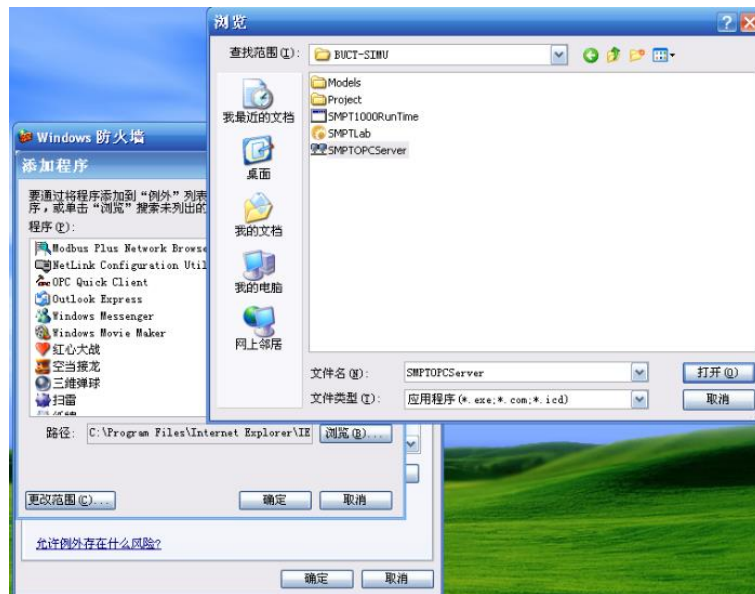
3) 点击“添加端口”按钮，添加 DCOM 端口，端口号为 135（DCOM 通讯使用）。



4) 点击“添加程序”按钮，添加 OPCENUM，为客户端提供 OPC 服务浏览的功能。在 C:\Windows\System32 下。

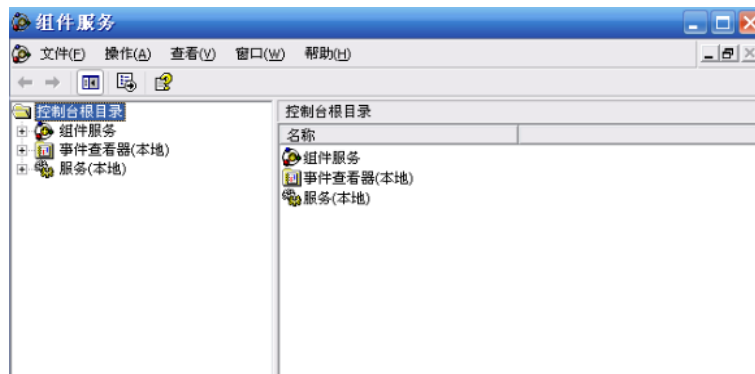


5) 点击“添加程序”按钮，添加 SMPTOPCServer.exe，为客户端提供 OPC 通讯的功能。在 C:\Program Files\BUCT-SIMU\下。

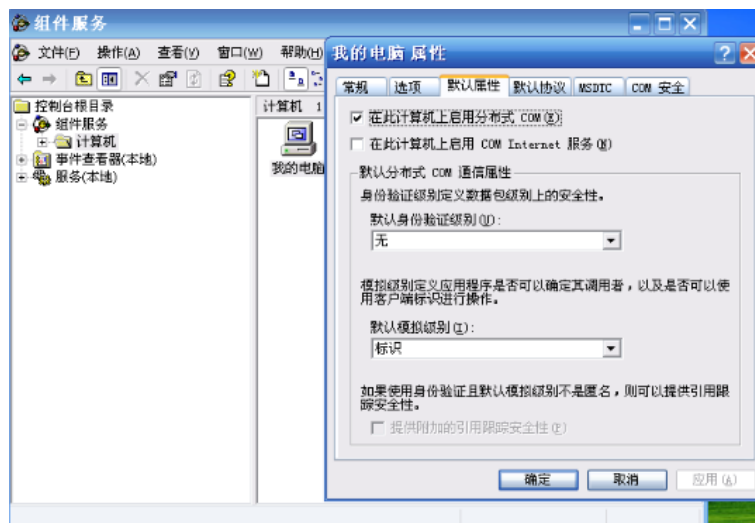


3、DCOM 相关设置

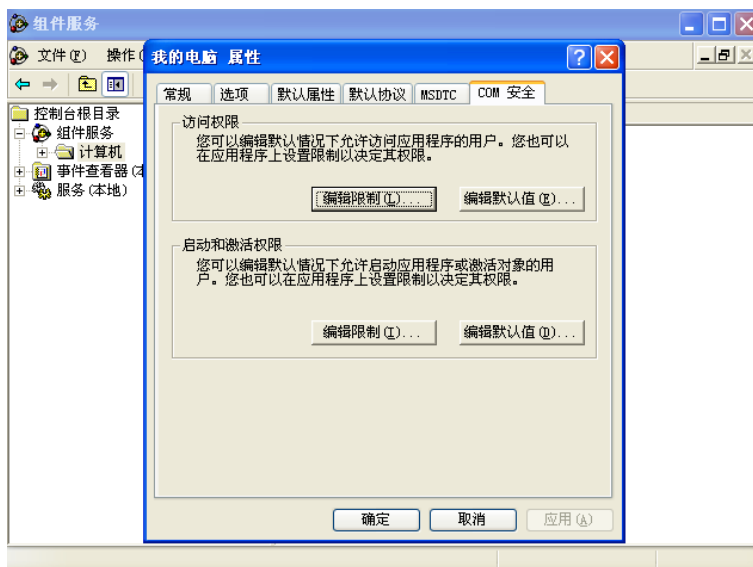
(1) 开始→ 运行→ 输入：dcomcnfg。



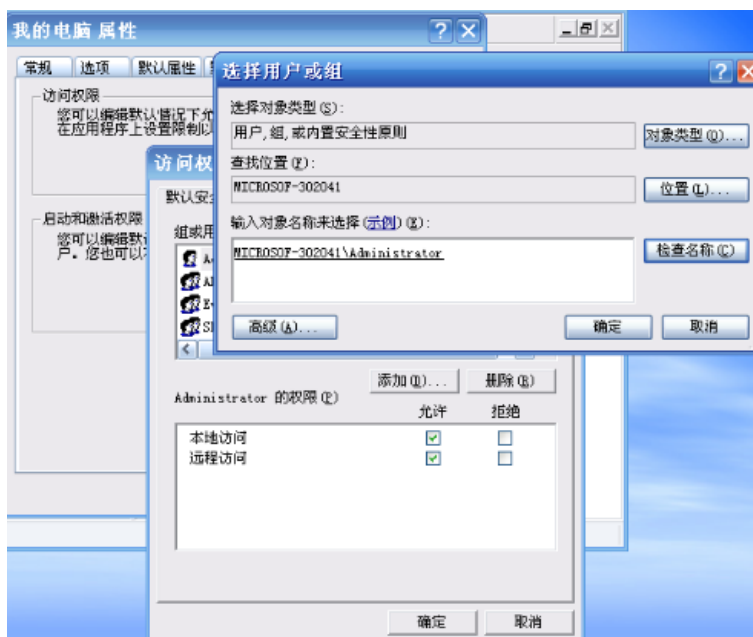
(2) 在组件服务中，点击“我的电脑”→属性，编辑默认属性。将“在这台计算机上启用分布式 COM”打上勾，将默认身份级别改为“无”。



(3) 点击“COM 安全”选项卡，分别编辑如下 4 个选项：访问权限：编辑限制、编辑默认值；启动和激活权限：编辑限制、编辑默认值。



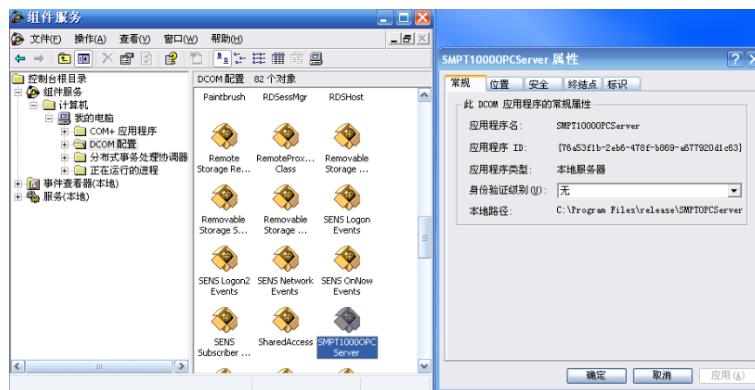
(4) 以上 4 个选项分别添加 everyone, administratro, anonymous login 三个用户，并勾选上所有权限选项。【请注意是三个用户，如果少了一个有可能出现找不到服务器的情况】。



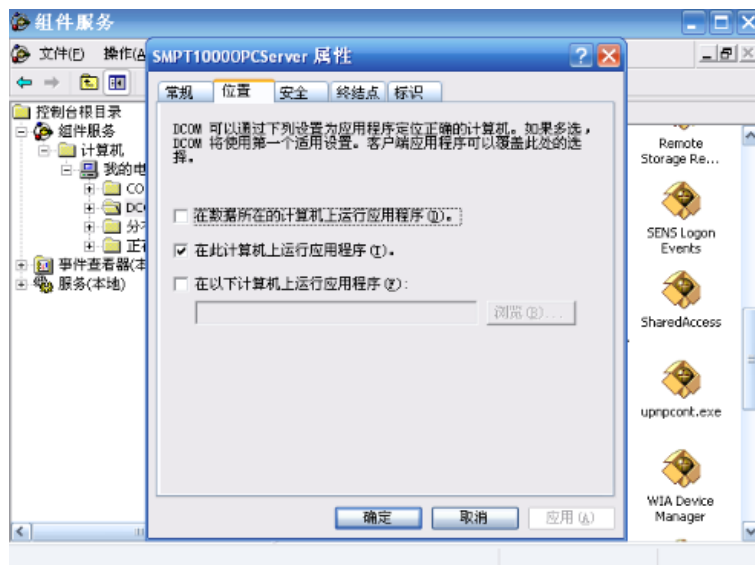
(5) 点击 MSDTC 选项卡，进行如下设置。



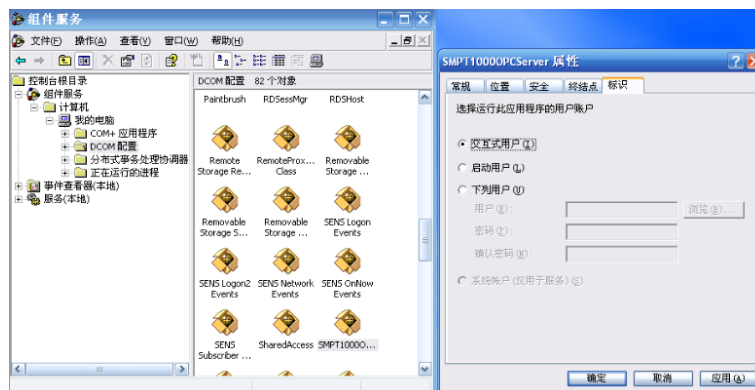
(6) 回到“组件服务”界面，打开 DCOM 配置，找到注册的 OPC 服务器的名称选项 (SMPT1000OPCServer)，打开它的属性，在常规选项卡中，设置身份验证级别：无。



(7) 点击位置选项卡，勾选“在此计算机上运行应用程序”。

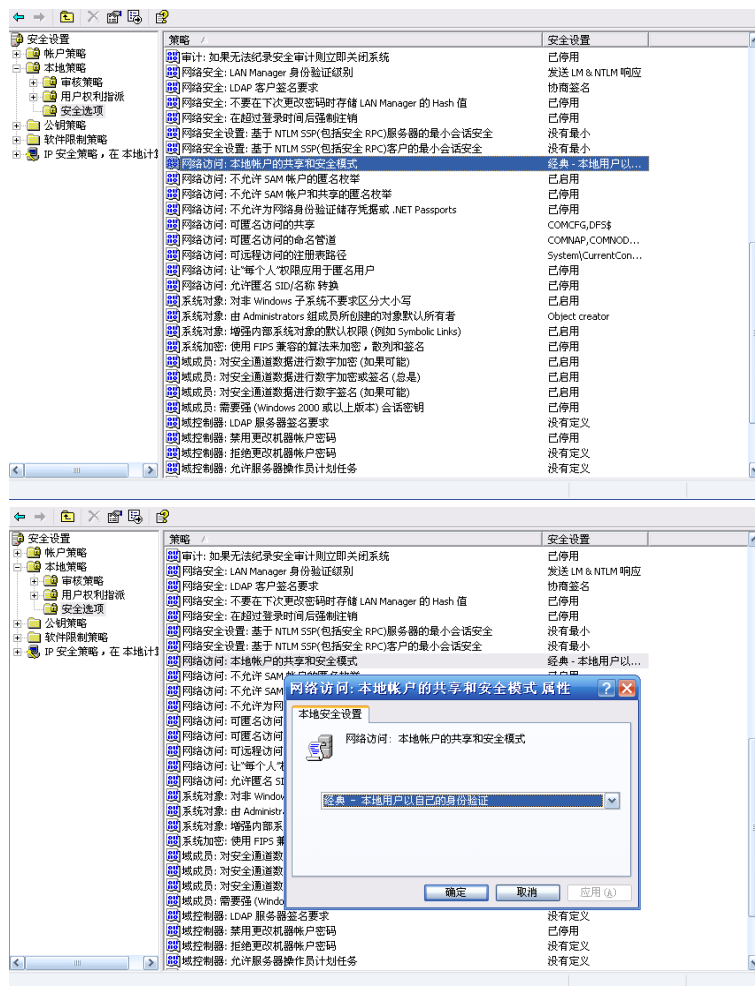


(8) 点击标识选项卡，设置交互式用户。

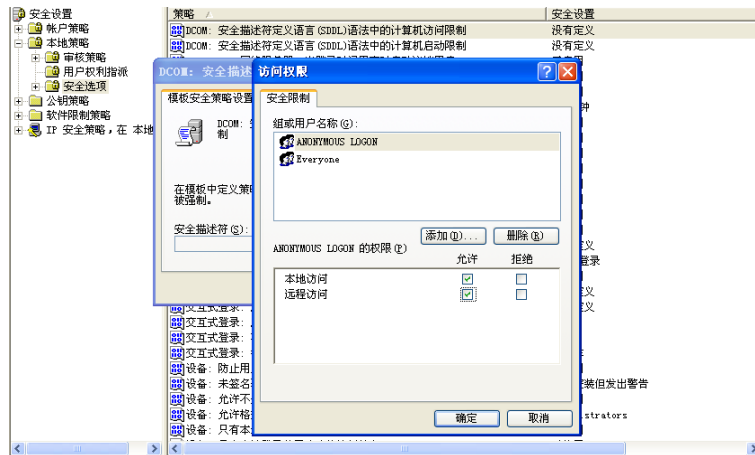


4、本地安全策略设置

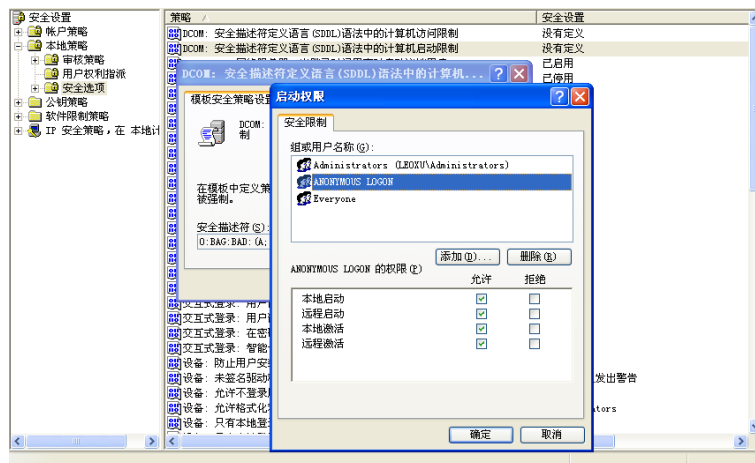
(1) 打开控制面板→ 管理工具→ 本地策略→ 安全选项，选择网络访问：本地账户的共享和安全模式，设置为经典-本地用户以自己的身份验证。



(2) 控制面板→ 管理工具→ 本地策略→ 安全选项，找到 DCOM：安全描述符定义语言语法中计算机访问限制→ 属性→ everyone 全打勾；ANONYMOUS LOGON 全打勾。



(3) 控制面板→ 管理工具→ 本地安全策略→ 本地策略→ 安全选项→ 找到 DCOM：安全描述符定义语言语法中计算机启动限制→ 属性→everyone 全打勾；ANONYMOUS LOGON 全打勾。



5、IP 地址设置

客户端与服务端通过直连网线连接。二者 IP 地址设为同一网段即可。如：

服务端 IP 192.168.0.1 子网掩码：255.255.255.0

客户端 IP 192.168.0.2 子网掩码：255.255.255.0

6、所有设置完成后需重启计算机

第二步 客户端配置说明

系统：WIN7、WINXP 等，请遵循以下步骤进行配置（以 XP 为例，WIN7 下相同）。

1、账户设置

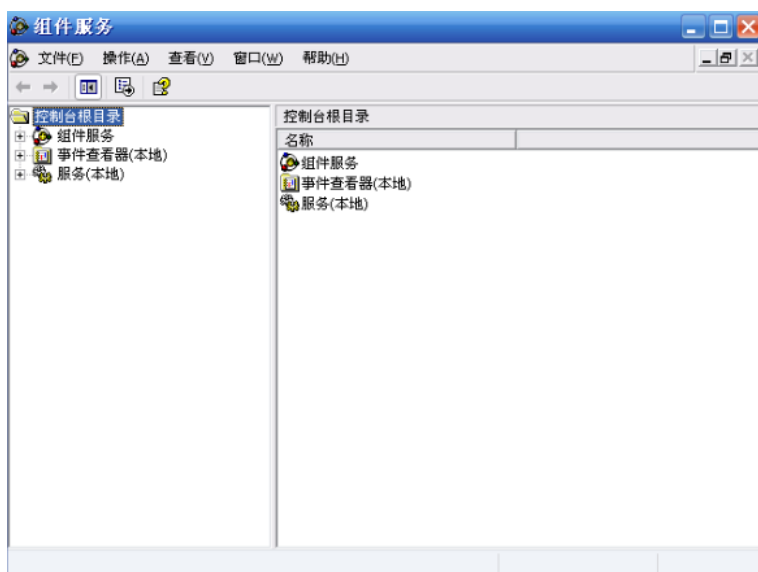
用 Administrator 用户建立一个与服务端名称一样，密码一样的账户，拥有管理员权限，如：用户名：SMPTUser 密码：123。用 SMPTUser 登入。

2、防火墙设置

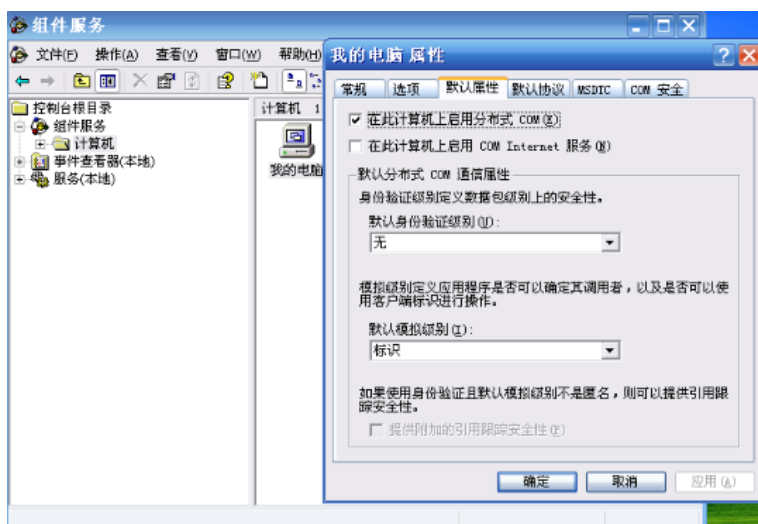
无

3、DCOM 设置

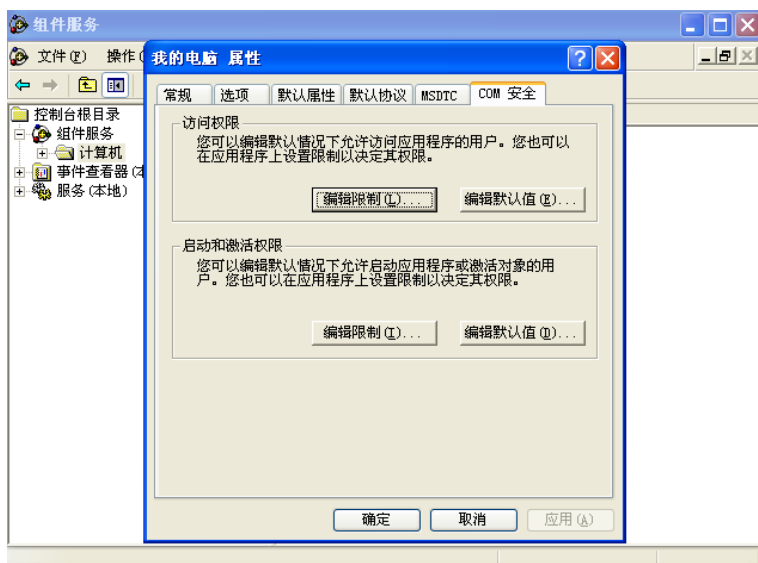
(1) 开始→ 运行→ 输入：dcomcnfg。



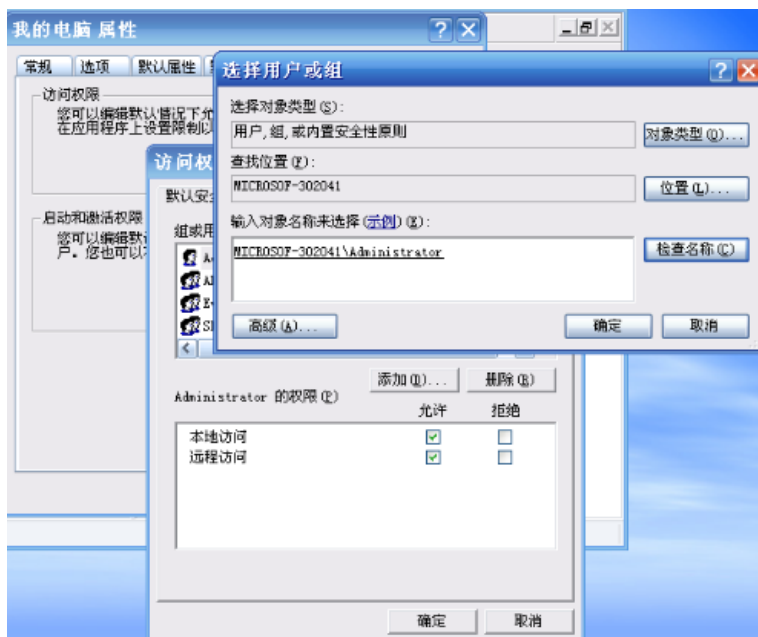
(2) 在组件服务中，点击“我的电脑”→属性，编辑默认属性。将“在这台计算机上启用分布式 COM”打上勾，将默认身份级别改为“无”。



(3) 点击“COM 安全”选项卡，分别编辑如下 4 个选项：访问权限中：编辑限制、编辑默认值；启动和激活权限：编辑限制、编辑默认值。



(4) 以上 4 个选项分别添加 everyone, administrato, anonymous login 三个用户, 并勾选上所有权限选项。

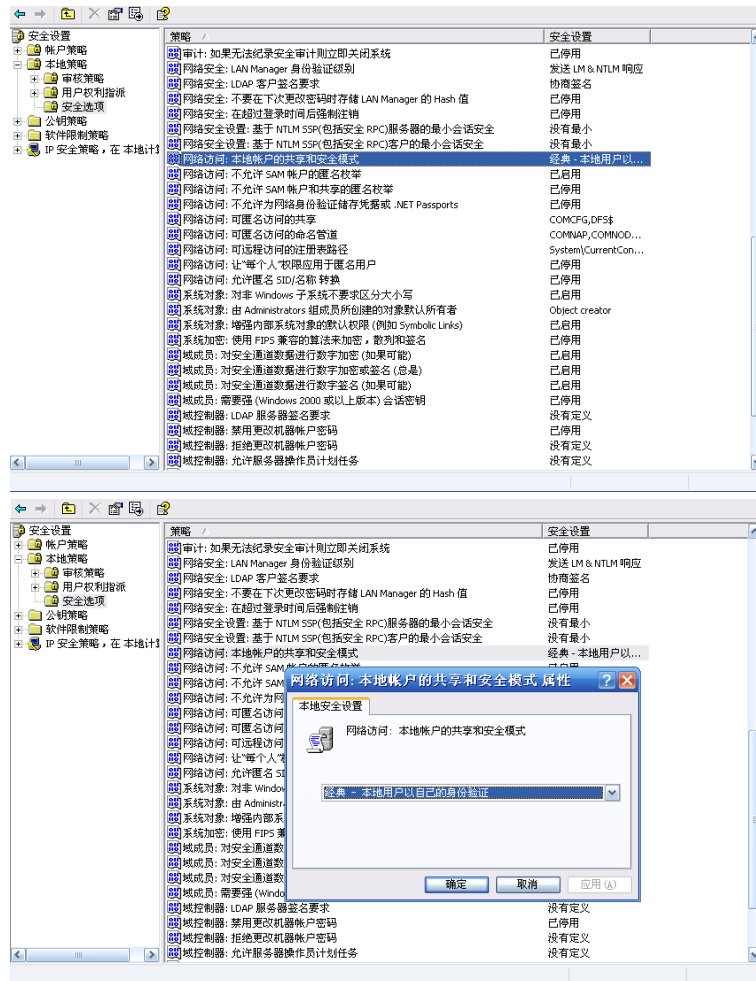


(5) 点击 MSDTC 选项卡, 进行如下设置:



4、本地安全策略设置

(1) 打开控制面板→ 管理工具→ 本地策略→ 安全选项，选择网络访问：本地账户的共享和安全模式，设置为经典-本地用户以自己的身份验证。



5、IP 地址设置

客户端与服务端通过直连网线连接。二者 IP 地址设为同一网段即可。如：

服务端 IP 192.168.0.1 子网掩码：255.255.255.0

客户端 IP 192.168.0.2 子网掩码：255.255.255.0

6、所有设置完成后需重启计算机

服务端、客户端进行上述设置后，即可在客户端采用 OPC 方式与服务端的 SMPT1000 进行通讯了（读取测量值、写入操作值）。

OPC 方式中，客户端可以安装任意的 OPC 客户端程序，即可与 SMPT 进行通讯。

附录 6 SMPT1000 VB 通讯方式配置说明

第一步 服务端（SMPT1000 运行的机器）配置说明

系统：WIN XP，请遵循以下步骤进行配置：

1、账户设置

用 Administrator 用户建立一个拥有管理员权限的用户并设置密码，密码不能为空，如：用户名：SMPTUser
密码：123。用 SMPTUser 登入。

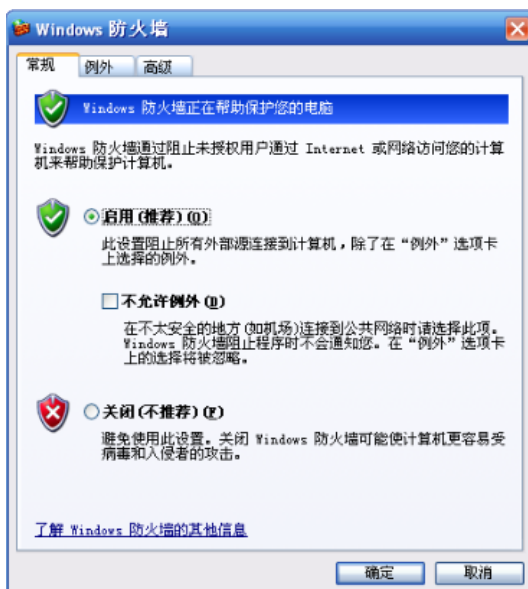
2、防火墙设置

可做下列 2 项之一。

(1) 关闭 windows 防火墙。

(2) 不关闭防火墙的情况下，需要做如下操作：

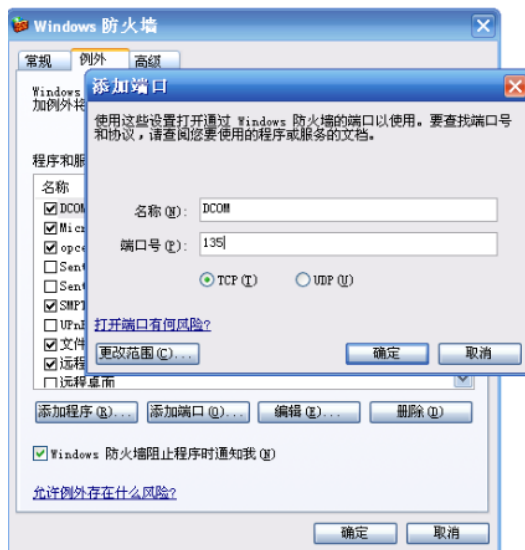
1) 进入控制面板→ windows 防火墙→ 开启防火墙。



2) 点击“例外”选项卡，勾选“文件和打印机共享”。

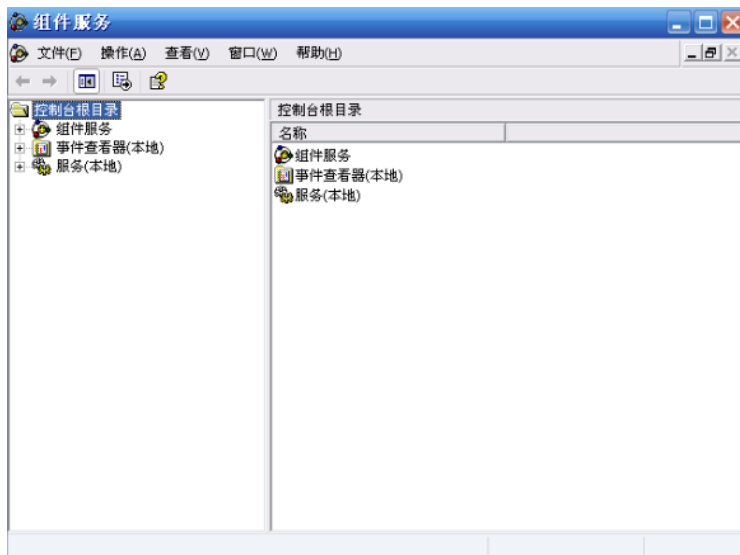


3) 点击“添加端口”按钮，添加 DCOM 端口，端口号为 135（DCOM 通讯使用）。

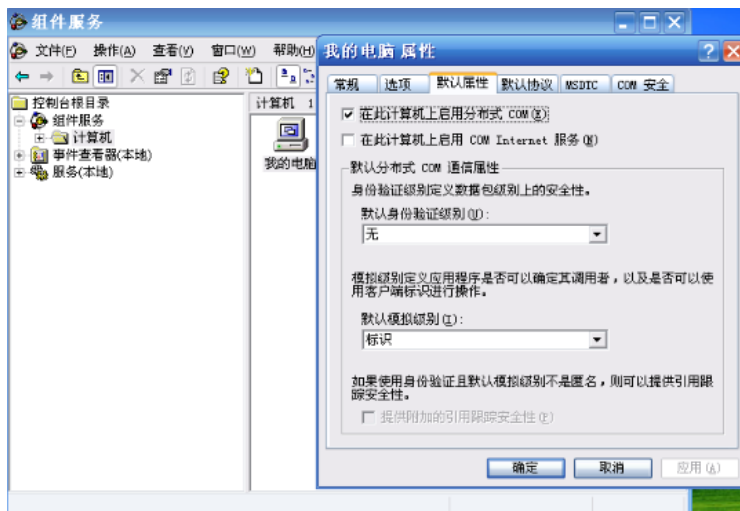


3、DCOM 相关设置

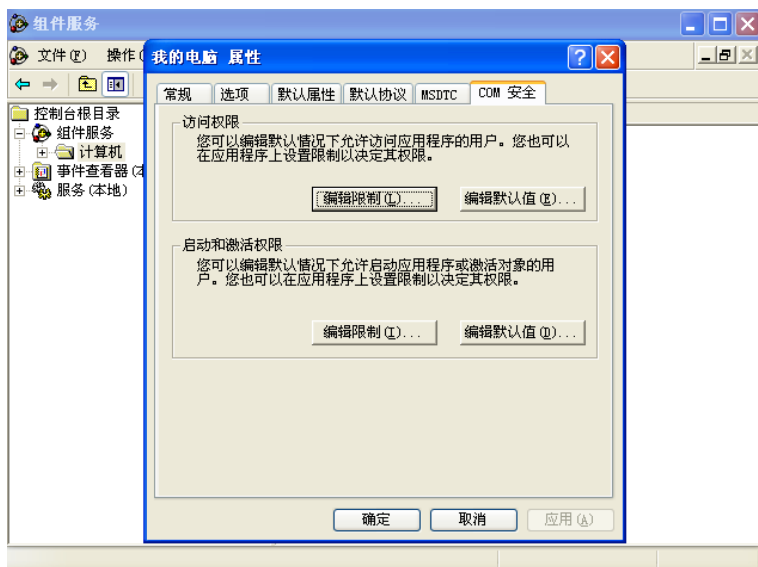
(1) 开始→ 运行→ 输入：dcomcnfg。



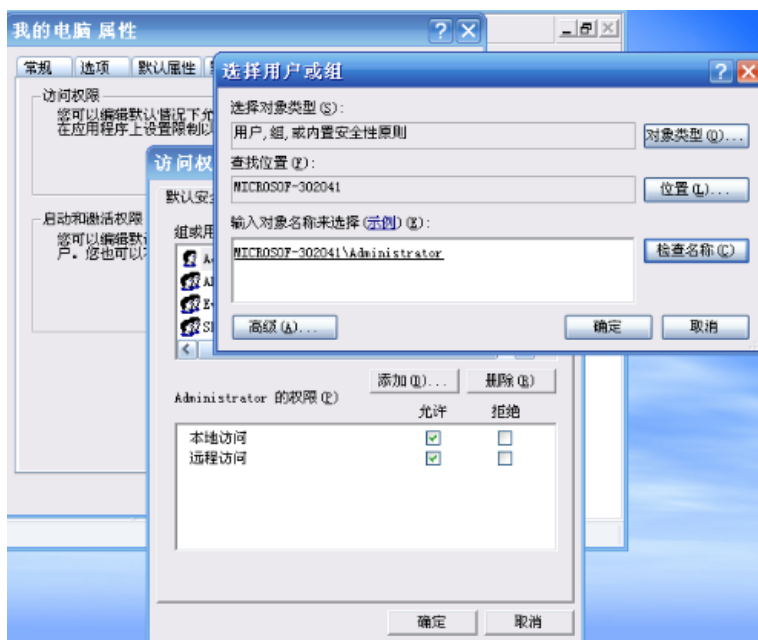
(2) 在组件服务中，点击“我的电脑”→属性，编辑默认属性。将“在这台计算机上启用分布式 COM”打上勾，将默认身份级别改为“无”。



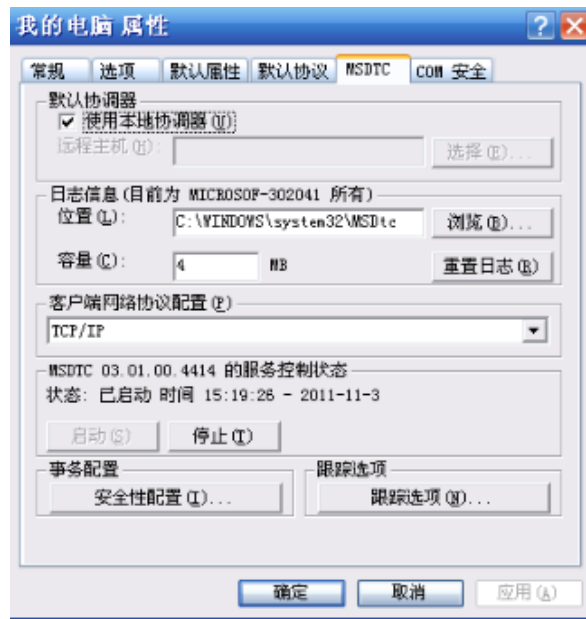
(3) 点击“COM 安全”选项卡，分别编辑如下 4 个选项：访问权限：编辑限制、编辑默认值；启动和激活权限：编辑限制、编辑默认值。



(4) 以上 4 个选项分别添加 everyone, administratro, anonymous login 三个用户，并勾选上所有权限选项。【请注意是三个用户，如果少了一个有可能出现找不到服务器的情况】。

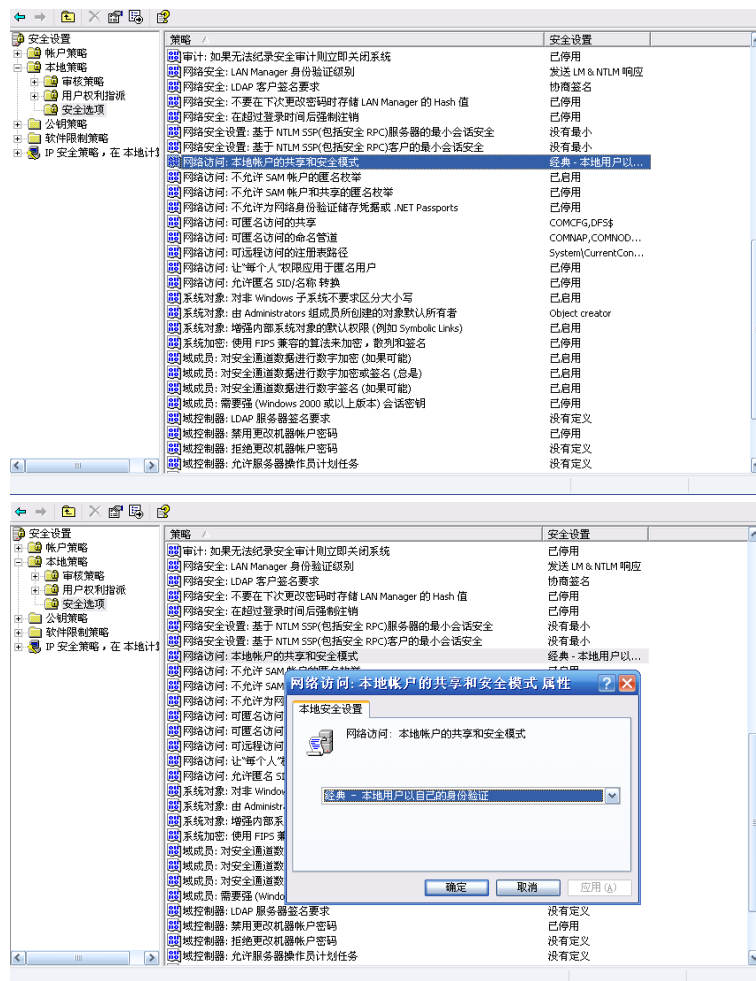


(5) 点击 MSDTC 选项卡，进行如下设置。



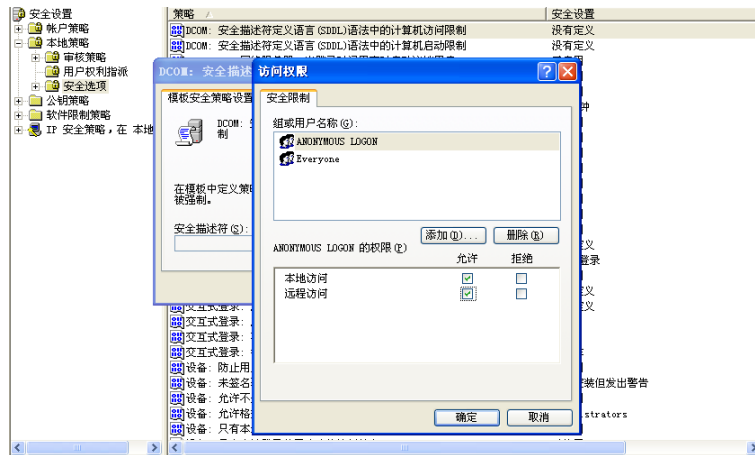
4、本地安全策略设置

(1) 打开控制面板→ 管理工具→ 本地策略→ 安全选项，选择网络访问：本地账户的共享和安全模式，设置为经典-本地用户以自己的身份验证。

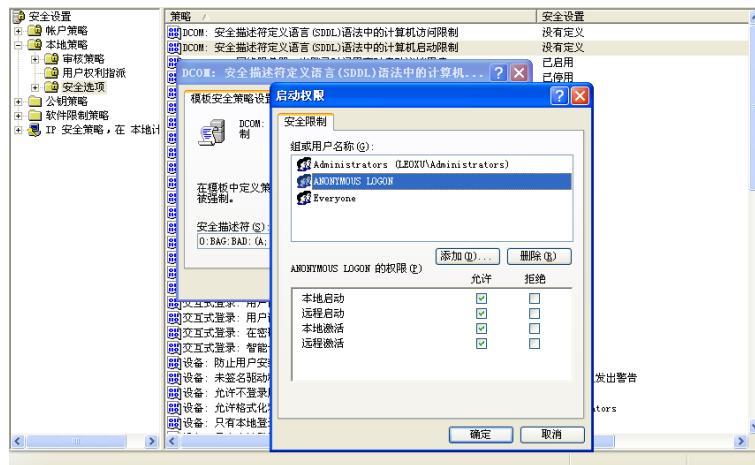


(2) 控制面板→ 管理工具→ 本地策略→ 安全选项，找到 DCOM：安全描述符定义语言语法中计算

机访问限制→ 属性→ everyone 全打勾；ANONYMOUS LOGON 全打勾。



(3) 控制面板→ 管理工具→ 本地安全策略→ 本地策略→ 安全选项→ 找到 DCOM：安全描述符定义语言语法中计算机启动限制→ 属性→everyone 全打勾；ANONYMOUS LOGON 全打勾。



5、IP 地址设置

客户端与服务端通过直连网线连接。二者 IP 地址设为同一网段即可。如：

服务端 IP 192.168.0.1 子网掩码：255.255.255.0

客户端 IP 192.168.0.2 子网掩码：255.255.255.0

6、所有设置完成后需重启计算机

第二步 客户端配置说明

系统：WIN7、WINXP 等，请遵循以下步骤进行配置（以 XP 为例，WIN7 下相同）。

1、账户设置

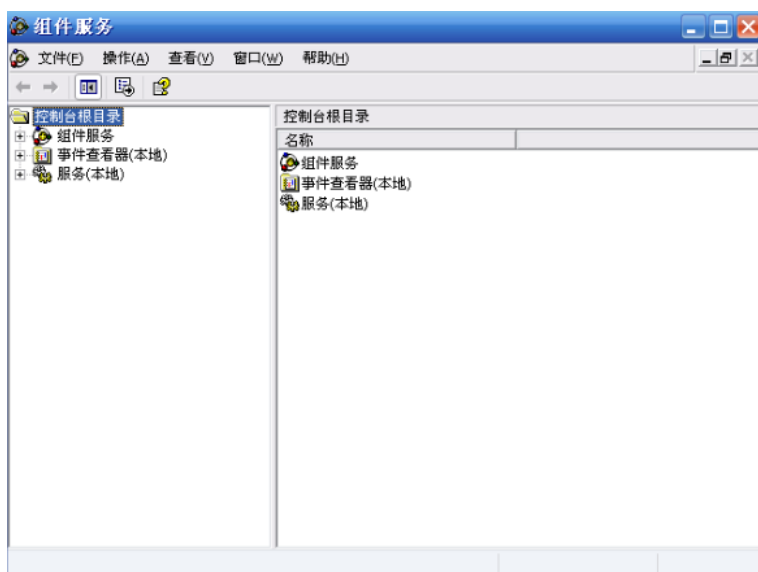
用 Administrator 用户建立一个与服务端名称一样，密码一样的账户，拥有管理员权限，如：用户名：SMPTUser 密码：123。用 SMPTUser 登入。

2、防火墙设置

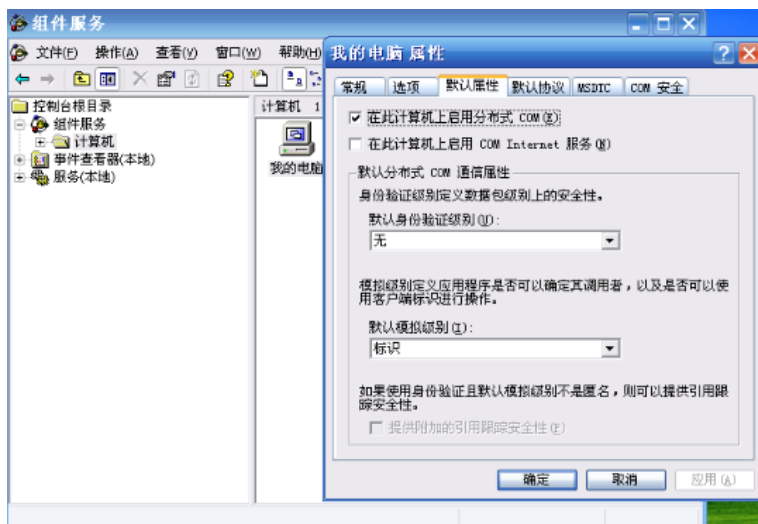
无

3、DCOM 设置

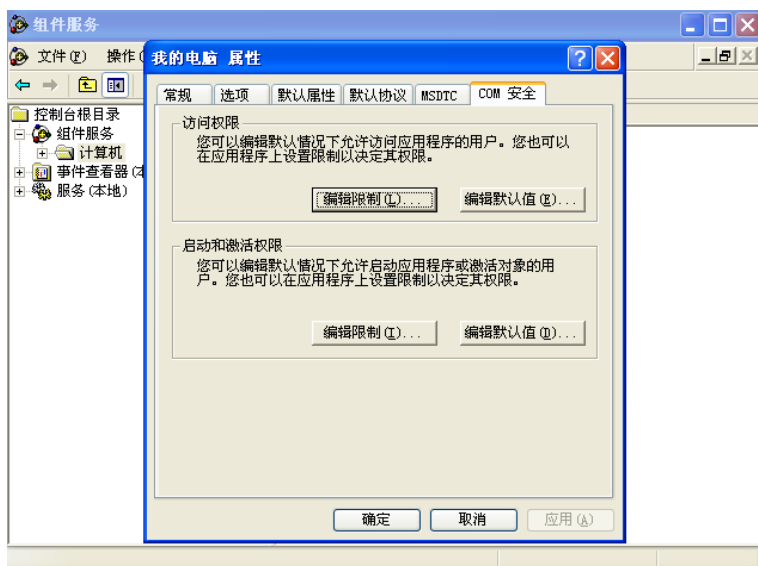
(1) 开始→ 运行→ 输入：dcomcnfg。



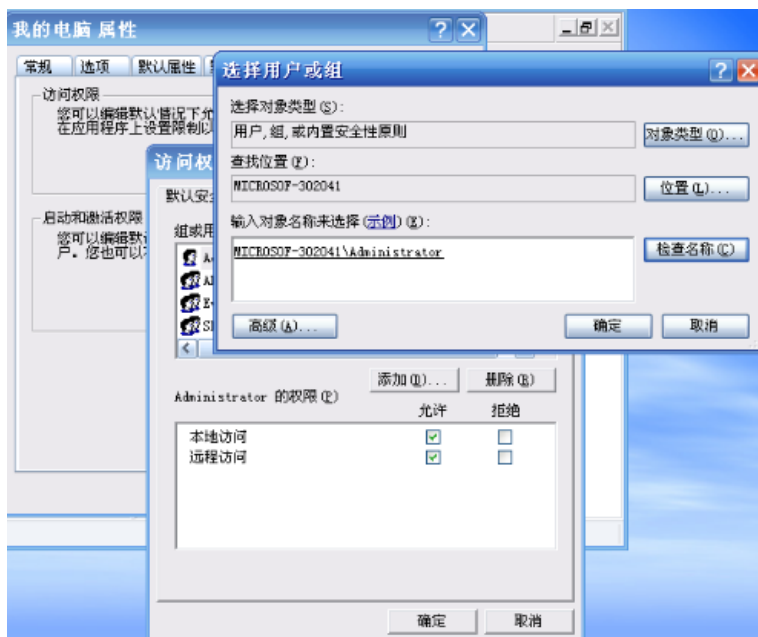
(2) 在组件服务中，点击“我的电脑”→属性，编辑默认属性。将“在这台计算机上启用分布式 COM”打上勾，将默认身份级别改为“无”。



(3) 点击“COM 安全”选项卡，分别编辑如下 4 个选项：访问权限中：编辑限制、编辑默认值；启动和激活权限：编辑限制、编辑默认值。



(4) 以上 4 个选项分别添加 everyone, administrato, anonymous login 三个用户, 并勾选上所有权限选项。

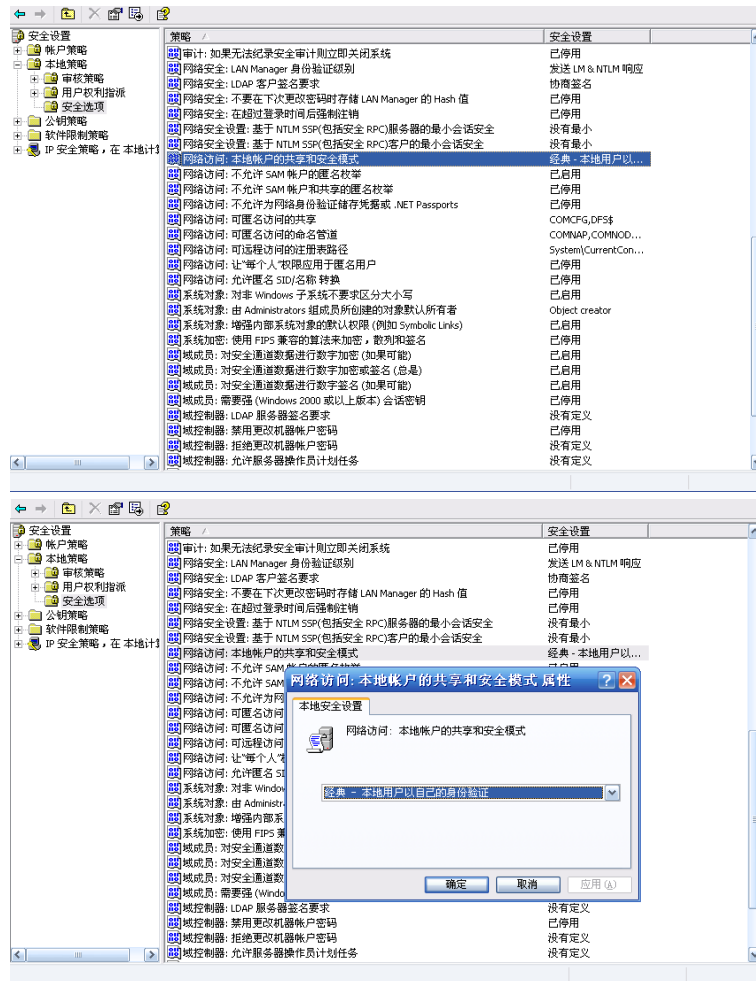


(5) 点击 MSDTC 选项卡, 进行如下设置:



4、本地安全策略设置

(1) 打开控制面板→ 管理工具→ 本地策略→ 安全选项，选择网络访问：本地账户的共享和安全模式，设置为经典-本地用户以自己的身份验证。



5、IP 地址设置

客户端与服务端通过直连网线连接。二者 IP 地址设为同一网段即可。如：

服务端 IP 192.168.0.1 子网掩码：255.255.255.0

客户端 IP 192.168.0.2 子网掩码：255.255.255.0

6、所有设置完成后需重启计算机

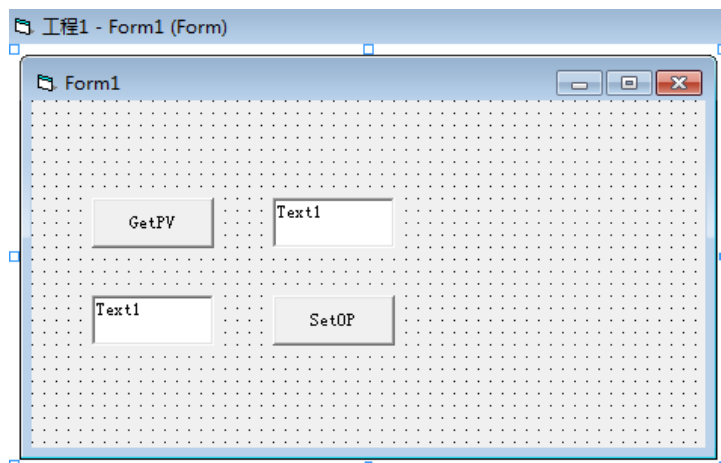
示例

服务端、客户端进行上述设置后，即可在客户端采用 VB 程序的方式与服务端的 SMPT1000 进行通讯了（读取测量值、写入操作值）。

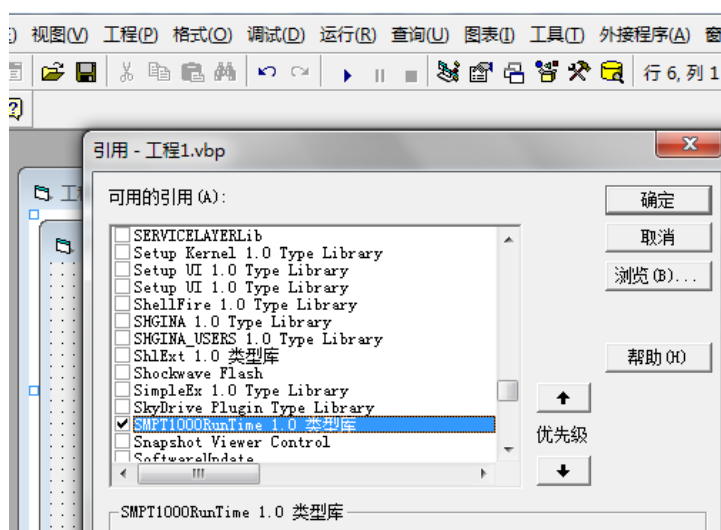
在客户端，通过 VB 程序与 SMPT 进行通讯的方式如下：

(1) 注册代理存根：regsvr32 SMPT1000RunTimePS.dll 注册服务：SMPT1000RunTime.exe /regserver。

(2) 通过 VB 建立一个基本的工程，新建一个 Form，添加 2 个按钮，2 个文本框。



(3) 添加引用



(4) 声明参数

```
Private WithEvents IO As SMPT1000RunTimeLib.IOModule
```

(5) 编辑 Form 加载、卸载函数

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    Set IO = CreateObject("SMPT1000Runtime.IOModule", "192.168.0.2")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
```

```
    Set IO = Nothing
```

```
End Sub
```

其中“192.168.0.2”为服务端 IP 地址。

(6) 编辑按钮响应事件：

```
Private Sub cmdSetOP_Click ()
```

```
    IO.SetOP FV1106, Val(txtOP)
```

```
End Sub
```

```
Private Sub cmdGetPV_Click ()
```

```
    txtPV = IO.GetPV (LI1101)
```

```
End Sub
```

点击 GetPV 按钮即可获得 LI1101 的数值，点击 SetOP 按钮即可设置 FV1106 的开度。

附录 7 对外通讯变量地址列表

(1) PV 列表

参数类型	数据名称	位号	偏移地址
模拟量 AI			
流量	除氧器入口流量	FI1106	+0
	汽包上水流量	FI1101	+2
	去减温器的汽包上水流量	FI1102	+4
	燃油流量	FI1103	+6
	进风量	FI1104	+8
	过热蒸汽流量	FI1105	+10
	烟气出口流量	FI1107	+12
	稀液入口流量	FI1201	+14
	浓缩液出口流量	FI1202	+16
	二次蒸汽流量	FI1203	+18
液位	除氧器液位	LI1101	+20
	上汽包水位	LI1102	+22
	蒸发器液位	LI1201	+24
温度	炉膛温度	TI1101	+26
	去炉膛辐射段的上水温度	TI1102	+28
	去减温器的过热蒸汽温度	TI1103	+30
	过热蒸汽温度	TI1104	+32
	省煤器出口烟气温度	TI1105	+34
	蒸发器温度	TI1201	+36
压力	除氧器压力	PI1106	+38
	燃油压力	PI1101	+40
	炉膛压力	PI1102	+42
	汽包压力	PI1103	+44

	过热蒸汽压力	PI1104	+46
	烟气出口压力	PI1105	+48
	蒸发器压力	PI1201	+50
组分	烟气含氧量	AI1101	+52
开关量 DI			
状态指示	炉膛燃烧状态指示	D1101	+1.0
	去蒸汽管网/放空的蒸汽有无指示	D1102	+1.1

(2) MV 列表

参数类型	数据名称	位号	偏移地址
模拟量 AO			
双效阀	除氧器入口流量调节阀	FV1106	+0
	除氧蒸汽流量调节阀	PV1101	+2
	汽包上水流量调节阀	FV1101	+4
	过热蒸汽温度调节阀 A	FV1102	+6
	过热蒸汽温度调节阀 B	FV1103	+8
	燃油流量调节阀	FV1104	+10
	变频风机转速调节	S1101	+12
	过热蒸汽流量调节阀	FV1105	+14
	烟道挡板	DO1101	+16
	汽包上水管线旁路阀	HV1101	+18
	去蒸汽管网的管道阀	HV1102	+20
	蒸发器稀液入口流量调节阀	FV1201	+22
	蒸发器浓缩液出口流量调节阀	FV1202	+24
	蒸发器二次蒸汽流量调节阀	FV1203	+26
开关量 DO			
开关阀	除氧蒸汽开关阀	XV1106	+2.0
	燃料管线截断阀	XV1101	+2.1
	汽包上水管线截断阀	XV1102	+2.2

	汽包放空阀	XV1104	+2.3
	去蒸发器过热蒸汽截断阀	XV1105	+2.4
按钮	上水泵开关	HS1101	+2.5
	燃油泵开关	HS1102	+2.6
	风机开关	HS1103	+2.7
	点火按钮	HS1104	+3.0