

西门子杯  
全国大学生过程控制技能挑战赛  
——间歇式反应器系统控制方案

第十一号参赛方案

# 目 录

目 录.....	2
一、间歇式反应器系统概述.....	4
1.1 被控对象工艺流程(简单描述反应过程).....	4
1.2 反应过程分析.....	5
1.3 控制要求.....	7
1.4 间歇式反应器系统P&ID图.....	8
二、系统硬件配置.....	9
2.1 硬件及网络结构.....	10
2.1.1 SIMATIC NET.....	11
2.1.2 PROFIBUS现场总线.....	12
2.2 硬件配置.....	14
2.3 软件配置及安装.....	14
2.4 变量表.....	15
三、控制策略设计.....	17
3.1 反应温度控制策略.....	17
3.1.1 加热位式控制.....	18
3.1.2 升温模糊控制.....	18
3.1.3 恒温PID控制.....	21
3.1.4 规则集.....	22
3.2 压力控制策略.....	23
3.2.1 协调型专家系统.....	23
3.2.2 压力安全专家策略.....	24
3.3 主产物产率控制策略.....	26
3.3.1 软测量技术.....	26
3.3.2 组分控制.....	31
3.4 控制系统P&ID图.....	32
3.5 顺序控制.....	32
3.6 阀门特性选择.....	34
四、控制系统软件实现.....	35
4.1 SCL程序.....	35
4.2 CFC图描述.....	44
4.3 SFC图描述.....	50

<b>五、监视系统软件设计 .....</b>	<b>51</b>
5.1 监控系统设计 .....	52
5.2 监控系统界面 .....	52
<b>参考文献 .....</b>	<b>55</b>

# 一、间歇式反应器系统概述

## 1.1 被控对象工艺流程(简单描述反应过程)

被控对象为过程工业常见的带搅拌釜式反应器系统，属于间歇反应过程。其工艺流程图如图1所示。

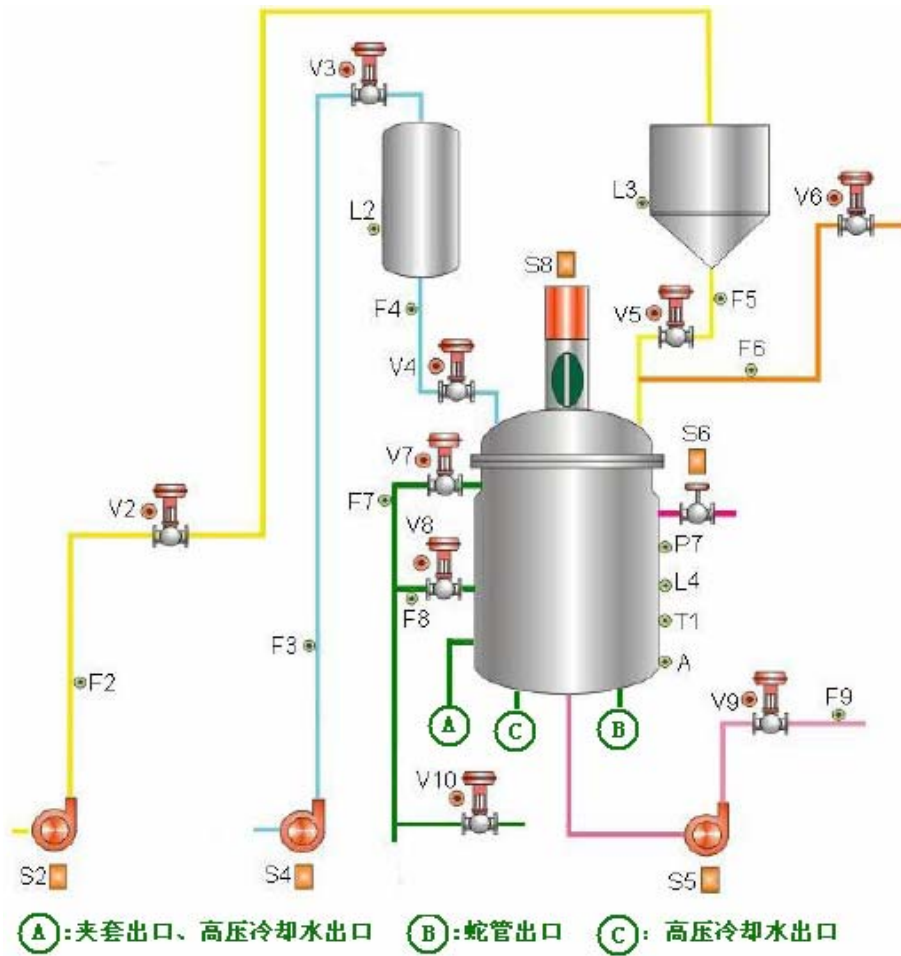


图1 间歇反应工艺流程图

本间歇反应过程的开车包括如下主要步骤：

1. 备料工序（不包括在本次考题范围内）

备料工序包括 A、B、C 三种物料的计量。

A 物料计量。A 物料易燃易爆，不溶于水，密度大于水。因此，可以采用水封隔绝空气保障安全。同时还能利用水压将储罐中的 A 物料压至高位槽。高位槽具有夹套水冷系统。

B 物料计量。B 物料熔点为 31.5℃，不溶于水，常温下呈固体状态。为了便于管道输送和计量，必须将其熔化，并保存于具有夹套蒸汽加热的储罐中。

C 物料计量是在反应釜中加入 A 物料和 B 物料后，通过离心泵打入，控制物料总液位（1370mm）的方法实现。

## 2. 缩合反应工序

缩合工序历经下料、升温、保温、出料及反应釜清洗阶段。用料量见表 1。

A、B、C 三种物料在反应釜中经夹套蒸汽加入适度的热量后，将发生复杂的化学反应，产生反应最终产物 D 及其副产物。缩合反应不是一步合成，实践证明还伴有副反应发生。缩合收率的大小与这个副反应有密切关系。主反应的活化能高于副反应，因此提高反应温度有利于主反应的进行。但在本反应中若升温过快、过高，可能造成爆炸而产生危险事故。

保温阶段之目的是尽可能多地获得所期望的产物。为了最大限度地减少副产物的生成，必须保持较高的反应釜温度。操作员应经常注意釜内压力和温度，当温度压力有所下降时，应向夹套内通入适当蒸汽以保持原有的釜温、釜压。

缩合反应历经保温阶段后，接着用离心泵将缩合釜内的料液打入下道工序。出料完毕，本间歇反应岗位操作即告完成。

## 1.2 反应过程分析

聚合反应分为加成聚合（简称加聚）反应和缩合聚合（简称缩聚）反应两类：加聚反应指的是小分子的物质在加热和催化剂作用下，通过加成反应结合成高分子化合物的反应；而缩聚反应则是一种或多种较简单的化合物通过共同缩去一些小分子（如水、氨、卤化氢等），而彼此结合成高分子化合物的反应。

由工艺流程我们不难看出该反应过程是化工生产过程中非常重要的间歇聚合反应过程。该反应过程具有时变、非线性、反应机理复杂等特点。

从操作流程上来看间歇聚合反应器一般包括以下 4 个阶段。

### (1) 反应器投料阶段

反应物经计量后一批或几批投入反应釜。

带格式的：项目符号和编号

(2) 加热升温阶段

各种物料加完后, 向反应器夹套通热水升温。原料在与催化剂充分混合的基础上, 吸收热水提供的热量, 当升温到一定值时, 放热反应开始。

(3) 反应放热与恒温/ 恒压阶段

这时关闭热水系统, 切换到冷水系统。以循环水(冷水) 流量为操作变量, 实施聚合反应器恒温/ 恒压控制。

(4) 冷却、回收及放料阶段。

这个阶段反应基本结束, 等待冷却, 阀门放料, 清空反应釜, 回收生成物。然后各阀门关闭, 开始下一次的间歇式反应。

在整个过程中, 间歇反应器中物料一般都处于与外界只有热量交换而无物料交换的封闭状态。由于间歇反应的复杂性和难以在线测量反应物组分, 因此, 间歇聚合反应器的控制基本上是一个温度控制问题。

从间歇聚合反应过程的生产环境及其动态特性来分析, 我们发现它具有下列明显的特点。

(1) 间歇聚合反应一般包括两个过程: 一个是有自衡能力的开环稳定过程(加热升温阶段和反应初期); 另一个是无自衡能力的、不可逆的开环不稳定的强放热反应过程(反应放热中后期)。反应各段特性截然不同, 同一次反应中反应速度又是变化的。反应过程中, 如果热量移出不及时, 不均匀, 会使反应温度一直往上升, 极易因局部过热而造成“飞温”现象, 产生“爆聚”。反之, 如果热量移出过多, 会造成反应温度一直往下跌, 导致反应熄灭。

(2) 工业用反应器容量大, 釜壁厚, 因此是一个热容量大、纯滞后时间长的被控对象。

(3) 聚合反应过程具有较大的时变性、不确定性和高度非线性。例如过程增益变化很大, 甚至增益变化方向都是不一样的; 随着反应的进行, 釜内生成物的增多, 釜的传热系数也会发生变化。

(4) 外界环境的变化(如催化剂活性、原料质量、循环水、热水及环境温度变化等) 对系统的干扰很大。

(5) 难以建立其机理模型。

## 1.3 控制要求

在本次比赛中，我们要达到以下的目标：

### 1) 反应升温速度控制

在缩合反应阶段，由冷态常温逐渐诱发反应至温度达到 121℃左右。在此阶段要求选手设计控制系统，保证温度以 0.1-0.2℃/s 的速率上升。

本间歇反应过程中有主副反应的竞争，主反应的活化能较高，期望较高的反应温度。加热速率过慢会使反应停留在低温区，副反应会加强，影响主产物产率。因此提高反应温度有利于主反应的进行。但加热速率过猛会使反应后续的剧烈阶段失控而产生超压事故。

反应釜温度和压力是确保反应安全的关键参数，所以必须根据温度和压力的变化来控制反应的速率。

### 2) 反应保温温度控制

经过缩合反应后，在反应保温阶段要使反应釜温度始终保持在 120℃左右 5-10 分钟(实际为 2-3 小时)，以使反应尽可能充分地进行，达到尽可能高的主产物产率。

### 3) 主产物产率控制

为得到一定的转化率的产品，要求选手对反应器最终产物的产率进行控制。注意，产率无法在线采集。

反应主产物 D 的产率主要受到升温速度、保温时间与温度的影响。

### 4) 反应器压力安全控制

如果加热过猛，会超压。为保证反应安全，需要对压力进行安全控制系统的设计。

### 5) 升温、保温、出料、清洗顺序控制

为实现从升温、保温至出料、清洗的整个过程的自动控制，需要设计顺序控制系统。

### 1.4 间歇式反应器系统 P&ID 图

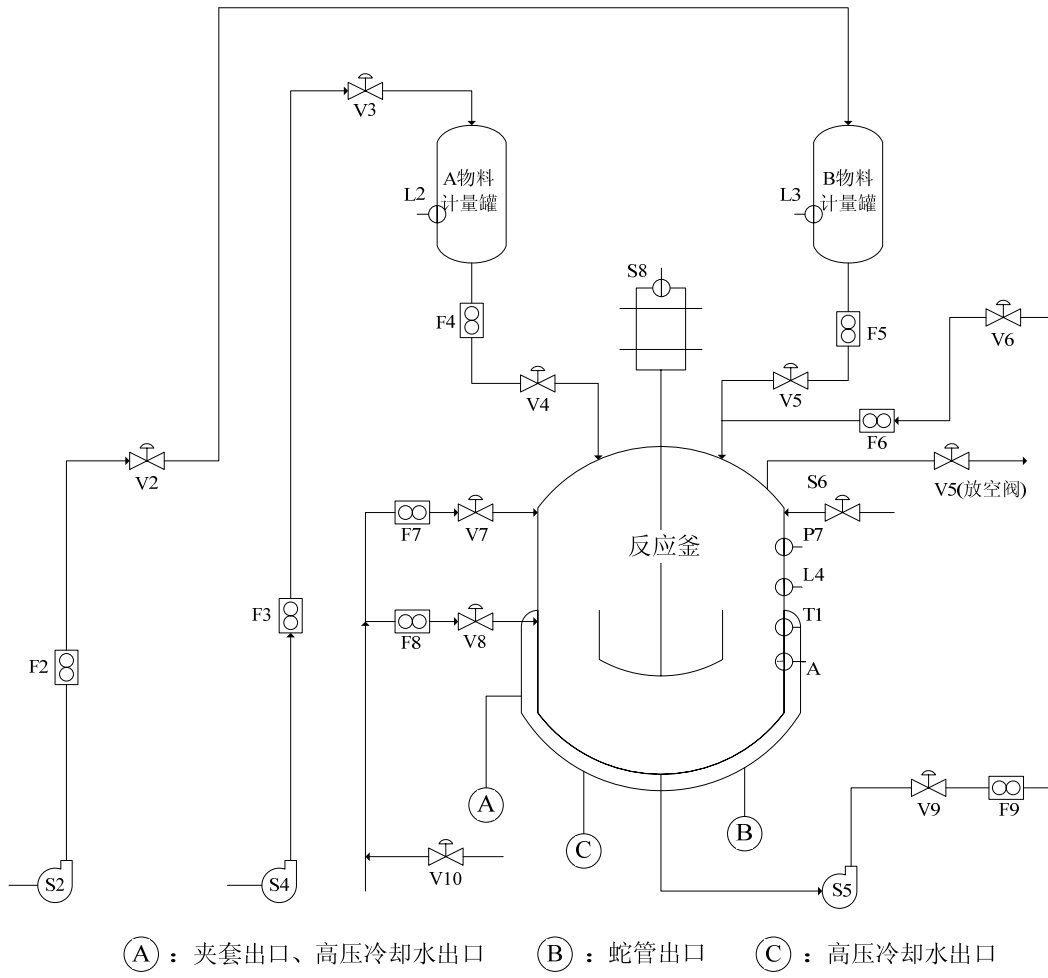


图 2 间歇式反应器系统 P&ID 图



## 二、系统硬件配置

硬件上我们选用西门子 PCS7-BOX 过程控制系统，该系统是一种先进的过程控制系统，既可以独立使用，也可以作为与其它系统（例如 SIMATIC、SIMOTION 或驱动系统）组合使用。

在竞争和价格压力的日益增强的今天，对生产设备灵活性要求的不断加大，以及越来越高的生产率要求，用户对于无缝和统一自动化技术的需求也越来越高。SIMATIC PCS 7 系统能够提供横向和纵向集成统一的系统平台。通过采用 SIMATIC PCS 7 的全集成自动化解决方案，可实现一致性的数据管理、通讯和组态，性能优异，可前瞻性地确保满足典型的过程控制系统应用需求。

对比其它过程控制系统，西门子 PCS7-BOX 具有以下优点：

- 简单而可靠的过程控制
- 用户友好的操作和可视化，并可通过因特网
- 系统范围内功能强大、快速、一致性的工程与组态
- 系统范围内的在线修改
- 在各个层级的系统开放性
- 灵活性和可伸缩性
- 在各个层级的冗余性
- 故障安全自动化系统
- 广泛的现场总线集成
- 灵活的批量过程解决方案
- 物料输送集成
- 仪表与控制设备的资产管理（诊断、预防性维护和维修）
- 直接连接 IT 环境

借助于其模块化和开放式的架构，基于标准 SIMATIC 系列硬件和软件部件的选用，SIMATIC PCS7 可以有效应用于大小型工厂。使用该系统，其扩展或系统修改也是非常容易，用户可以及时调整生产，应对市场需求。SIMATIC PCS7 系统的应用范围非常之广，从由大约 160 个过程变量（电机、阀门、PID 控制器）组成的小型单一系统，例如可以用于实验

室系统或中试工厂，直到由大约 60,000 个过程变量组成、具有客户机/服务器架构的分布式多用户系统，例如可以用于超大型工厂或成套设备。因此，SIMATIC PCS 7 可用于各种规模的工厂，能伸能缩！

SIMATIC PCS 7 基于 SIMATIC 产品系列的模块化硬件和软件部件，通过顺应全集成自动化理念，相互之间可以完美协同。并可进行无缝扩展和改进，通过采用长期稳定性的接口，只需少许费用，即可面向未来需求。这就意味着该系统可以实现用户的长期投资保护，无论创新速度有多快，产品寿命周期有多短。SIMATIC PCS 7 系统一贯采用最先进功能最强大的技术以及国际工业标准，例如 IEC、XML、PROFIBUS、千兆以太网技术、TCP/IP、OPC、@aGlance、ISA S88 以及 ISA S95，等等。SIMATIC PCS 7 的开放性涵盖所有层级，并可作为链接到公司管理层的信息、协调和规划工具，一致应用于自动化系统和过程 I/O，以及操作员站和工程师站、工业通讯网络或 SIMATIC IT framework。然而，其系统结构和通讯功能的优越性并不仅仅表现在开放性方面，而且还表征为用户程序的编程和数据交换接口以及图形、文本和数据的导入/导出功能，例如从 CAD/CAE 环境。因此，SIMATIC PCS 7 也可以与来自其它供应商的部件组合使用，并与现有系统架构集成。

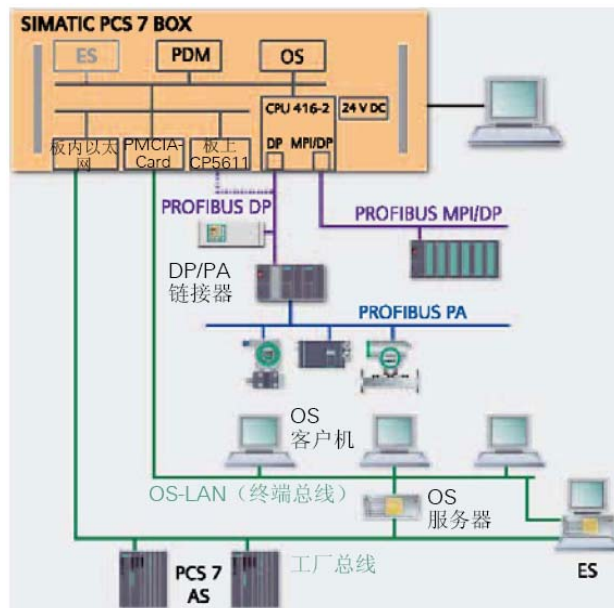


图 3 PCS7-BOX 过程控制系统

## 2.1 硬件及网络结构

图 4 所示网络结构即为本次比赛所设计之方案：现场设备连接工作在工业现场的远程

I/O 站—ET200M, ET200M 再通过 PROFIBUS\_DP 现场总线与 PCS7-BOX 过程控制系统进行通讯，OS 站，ES 站通过西门子工业以太网 PROFINET 与 PCS7-BOX 连接。

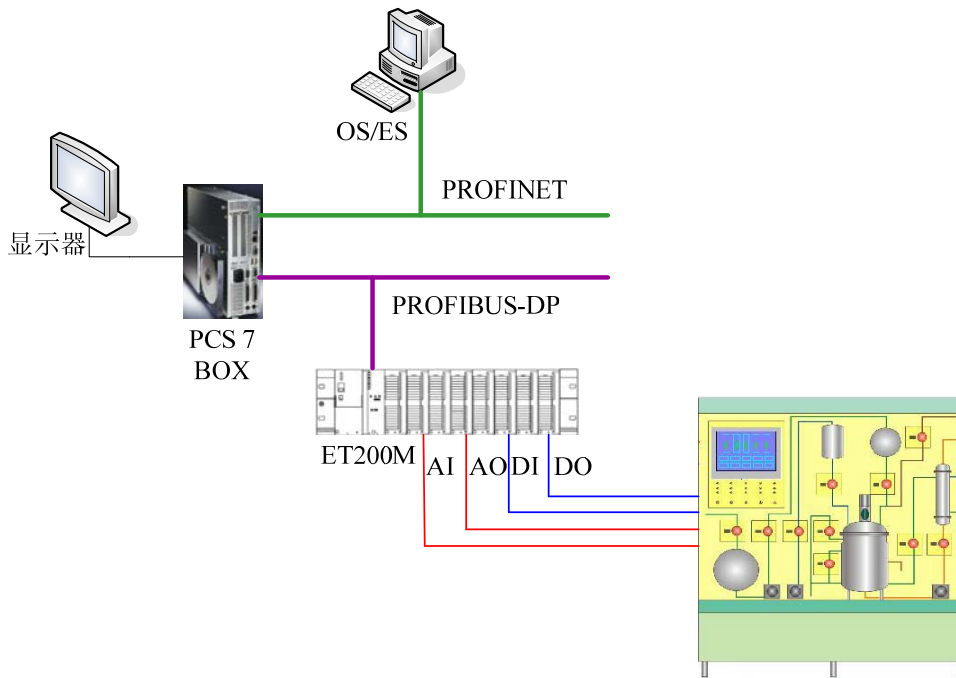


图 4 硬件体系结构图

### 2.1.1 SIMATIC NET

SIMATIC NET 总线集成在由西门子提供的用于生产、加工或混合行业中所有部门的一致自动化的全集成自动化系统中，这些总线促进了 SIMATIC PCS 7 过程控制系统的各个系统/应用程序之间的快速、可靠通讯，例如：

- 自动化系统、分布式 I/O 和现场部件；
- 资产管理/工程师站和操作员站；
- SIMATIC BATCH 和 SIMATIC Route Control；
- 通过因特网/企业内部网和 IT 应用程序进行的过程控制。

在要求较高的中等规模和大型工厂中，SIMATIC PCS 7 采用先进的千兆和快速以太网技术，这些技术将冗余光纤环网提供的高安全性与开关技术提供的可扩展性能结合在一起，传输速度高达 1Gbit/s。PROFIBUS DP 或 PA 被用作通讯介质，将智能化分布式 I/O 设备、变送器和执行器连接到控制器级。PROFIBUS 是一种通用的开放式现场总线，符合 IEC 61158 和 IEC 61784 国际标准。

## 2.1.2 PROFIBUS 现场总线

通过 PROFIBUS DP 现场总线, SIMATIC PCS 7 自动化系统可以与 ET 200 系列(远程 I/O)的分布式 I/O 以及现场/过程设备、CPU/CP 和具有一个 PROFIBUS DP 接口的操作员终端进行通讯。可以通过一个现场总线隔离变压器(RS 485-iS 耦合器)和 RS485-iS 传输技术,将 PROFIBUS DP 布置到 Ex zone 1 中。PROFIBUS PA 上智能化、分布式现场/过程设备和操作员站与自动化系统的连接也通过 PROFIBUS DP 来完成。根据自动化系统的类型和可用插槽的数目,可通过 CPU 中的内部接口,将最多 4 条 PROFIBUS DP 电缆连接到 SIMATIC PCS 7 自动化系统,并且通过附加的 CP 443-5 扩展通讯处理器,可以连接最多 10 条 PROFIBUS DP 电缆。在一条 PROFIBUS DP 电缆上,可以操作最多 125 个设备,而在一条总线段上,可以操作最多 31 个带 PROFIBUS DP 接口的设备(32 个站)。电气和光学传输技术为 PROFIBUS DP 网络提供了许多不同的组态选项。电气网络的范围最长可达到约 10 km。使用光学传输系统时,网络的总规模主要受到几乎无损耗传输的循环时间的限制。使用 SIMATIC PCS 7 时,PROFIBUS DP 拓扑结构总是通过自动化系统上的标准电气 PROFIBUS DP 接口、以电气或混合(电气/光纤)网络的形式实现。在混合网络情况下,两种介质的转换由一个光纤链路模块(OLM)来实现。各个站之间的通讯与电气双线制技术与光纤技术之间的通讯无异。电气网络可组态为总线或树形拓扑结构。用 OLM 作为路由器的混合电气/光纤网络可组态为总线或星形拓扑结构。如图 5 所示,为 PROFIBUS 现场级通讯。

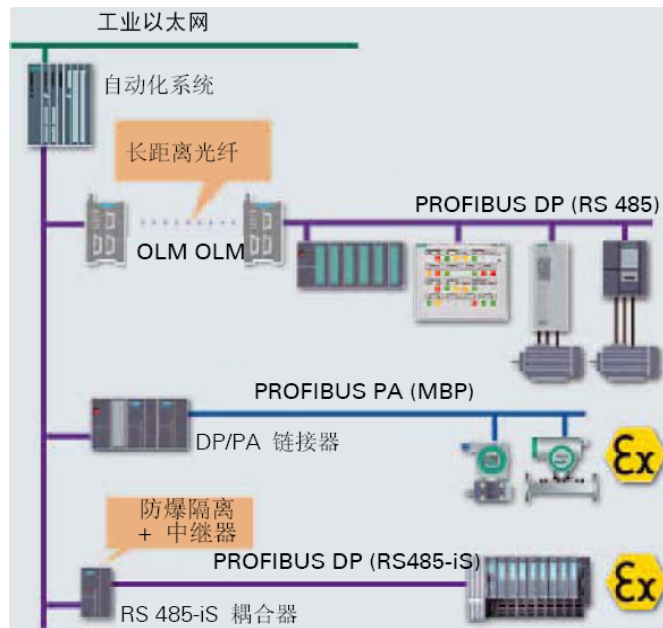


图 5 PROFIBUS 现场级通讯

### 使用 PROFIBUS 进行的现场级通讯

I/O 模块、变送器、驱动器、阀或操作员终端等分布式输出/输出设备可在现场级通过一个功能强大的实时总线系统与自动化系统进行通讯。这种通讯的特征是，可对过程数据进行确定性传输，并对报警、参数和诊断数据等进行基于例外情况的传输。PROFIBUS 可专门用来执行这些任务，因为它可以通过通讯协议 (PROFIBUS DP) 以及与变送器和执行器的通讯 (PROFIBUS PA) 并同时为它们供电，来实现与智能化分布式 I/O 的高速通讯。

PROFIBUS 支持：

- 用于集成以前安装的 HART 设备的 HART 通讯
- 冗余性
- 故障安全性 (高达 SIL 3 的 PROFIsafe, 符合 IEC 61508)
- 异步模式
- 时间同步
- 时间标记

PROFIBUS 简单、坚固而可靠。它可以通过其它分布式部件进行在线扩展，可以用于标准环境和危险环境。基于这些特性，PROFIBUS 目前已在生产、加工和混合行业的各个部门中广泛使用。

## 2.2 硬件配置

如表 1 所示:

表 1 硬件配置表

设备名称	订货号	说明	数量
PCS7-BOX	6ES7650-2KA16-0YX0	CPU416-2PCI	1
ET200M 模块	153-1AA03-0XB0	IM 153-1	1
DI 模块	321-1BL00-0AA0	SM321 DI 32*DC24V	1
DO 模块	322-1BL00-0AA0	SM332 DO 32*DC24V/0.5A	1
AI 模块	331-1KF01-0AB0	SM331 AI 8*13BIT	3
AO 模块	332-5HF00-0AB0	SM332 AO 8*12BIT	2

## 2.3 软件配置及安装

PCS7-BOX 基于 Microsoft 的 Windows 平台, 为了系统能安全正常运行还需要安装以下软件:

如表 2 所示

表 2 软件配置表

序号	软件名称	数量
1	Microsoft OS WinXP Professional MUI (EN)	1
2	WinXP SP1	1
3	IE V6.0 SP1	1
4	Microsoft SQL Server 2000 SP3	1
5	PCS 7 Toolset V61 SP1	1

软件的安装顺序为:

- 1、Microsoft operating system WinXP
- 2、Windows XP SP1
- 3、Microsoft Message Queuing services
- 4、禁用系统 index 服务
- 5、Internet Explorer V6.0 SP1
- 6、Microsoft SQL Server 2000 SP3
- 7、PCS 7 Toolset (表 3)

表 3 PCS 7 Toolset 组件表

序号	组件名称	数量	序号	组件名称	数量
1	ALM__V2.1+HF1	1	10	VT__V6.1	1
2	DotNetFramework__V1.1	1	11	PID_Tuner__V6.1+SP1	1
3	STEP7__V5.3+SP2+HF2	1	12	PLCSIM__V5.3+SP1	1
4	SCL__V5.3+SP1+HF1	1	13	WinCC__V6.0+SP3a	1
5	CFC__V6.1+SP1	1	14	WebNavigator__V6.1a	1
6	SFC__V6.1+SP1	1	15	AS_OS__V6.1+SP1	1
7	THIEAPO__V6.1+SP1	1	16	SIMNET_PCSW__V6.3+HF1	1
8	LIB__V6.1+SP1	1	17	PCS7Tools__V6.1	1
9	VXC__V6.1+SP1	1	-	-	-

## 2.4 变量表

如表 4 所示

表 4 I/O 变量表

序号	P&ID TAG NO	名称	地址	变量 类型	单位	报警	
						H	L
1	LEVEL_L2	A 计量罐液位	PIW**	模拟量	mm	-	-
2	LEVEL_L3	B 计量罐液位	PIW**	模拟量	mm	-	-
3	LEVEL_L4	反应釜液位	PIW**	模拟量	mm	√	-
4	TEMP_T1	反应温度	PIW**	模拟量	℃	-	-
5	PERCENT_A	主产物浓度	PIW**	模拟量	kg	-	-
6	PRESS_P7	反应釜压力	PIW**	模拟量	MPa	√	-
7	FLOW_F2	B 物料上料流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-
8	FLOW_F3	A 物料上料流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-
9	FLOW_F4	A 物料下料流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-
10	FLOW_F5	B 物料下料流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-
11	FLOW_F6	C 物料下料流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-

12	FLOW_F7	蛇管冷却水流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-
13	FLOW_F8	夹套冷却水流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-
14	FLOW_F9	出料流量	PIW**	模拟量	Kg/h	-	-
15	VALVE_V2	B 物料上料阀	PQW**	模拟量	%	-	-
16	VALVE_V3	A 物料上料阀	PQW**	模拟量	%	-	-
17	VALVE_V4	A 物料下料阀	PQW**	模拟量	%	-	-
18	VALVE_V5	B 物料下料阀	PQW**	模拟量	%	-	-
19	VALVE_V5 (替代)	放空阀	PQW**	模拟量	%	-	-
20	VALVE_V6	C 物料下料阀	PQW**	模拟量	%	-	-
21	VALVE_V7	蛇管冷却水阀	PQW**	模拟量	%	-	-
22	VALVE_V8	夹套冷却水阀	PQW**	模拟量	%	-	-
23	VALVE_V9	出料阀	PQW**	模拟量	%	-	-
24	VALVE_V10	高压冷水阀	PQW**	模拟量	%	-	-
25	SWITCH_S2	B 料上料泵开关	Q**	数字量	-	-	-
26	SWITCH_S4	A 料上料泵开关	Q**	数字量	-	-	-
27	SWITCH_S5	出口泵开关	Q**	数字量	-	-	-
28	SWITCH_S6	加热蒸汽开关	Q**	数字量	-	-	-
29	SWITCH_S8	搅拌电机开关	Q**	数字量	-	-	-



## 三、控制策略设计

整个反应包括两个过程：一个是有自衡能力的开环稳定过程(加热升温阶段和反应初期)；另一个是无自衡能力的、不可逆的开环不稳定的强放热反应过程(反应放热的中后期)。在开环稳定过程中，我们要关注的是反应的流程，比如阀门的开闭、电机的启停，并不涉及到复杂的控制算法，这部分内容包含在在顺序控制部分。首先我们从开环不稳定的强放热反应过程开始，讨论生产过程自动化需要面对的问题。

### 3.1 反应温度控制策略

从控制的角度看，该反应中温度的变化可以分三个阶段：开环稳定加热阶段(20℃-45℃)、自发放热升温阶段(45℃-119℃)、恒温保持阶段(119℃-123℃)。

开环稳定加热阶段：投料完毕后，向聚合釜的夹套中通入热水进行升温升压。该阶段需在较短的时间内把釜内温度或压力升至开始反应的状态，并且必须保持连续升温升压。该阶段控制得当，有利于缩短单釜操作周期，提高现有装置的生产能力。

自发放热升温阶段：这是反应中最关键的阶段，此阶段反应被诱发，开始自发放热，当反应温度过高时，反应速度加快，使得反应放出的热量增加，如果不及时移去反应热，将使反应剧烈超出正常范围，造成反应阶段不易控制，易引起“爆聚”或产生安全阀跳；如果加入过量的冷水又将使反应激落，甚至造成“僵釜”现象。因此，这一阶段是控制的难点，直接影响能否获得高质量的产品。

恒温保持阶段：这是正常反应阶段，该阶段反应时间长，对控制精度要求较高。因此，这一阶段是整个聚合反应过程控制的重点。

根据经验，选取釜内温度为被控变量，选取水流量作为操纵变量，通过调节水流量来控制釜压。设计如下智能复合控制方案：在加热阶段，偏差大，压力变化大，希望控制系统能快速调整，而对控制精度要求相对较低，采用时间最优控制方案，即位式控制，这样做有利于缩短单釜操作周期，提高设备的生产能力；在过渡阶段，偏差不太大，希望控制系统能无超调地兼顾快速性和精度，参考操作工的手操经验，采用模糊控制方案；在正常反应期，状况相对平稳，希望有较高的控制精度，因此采用PID控制方案。

图6为控制策略示意图：

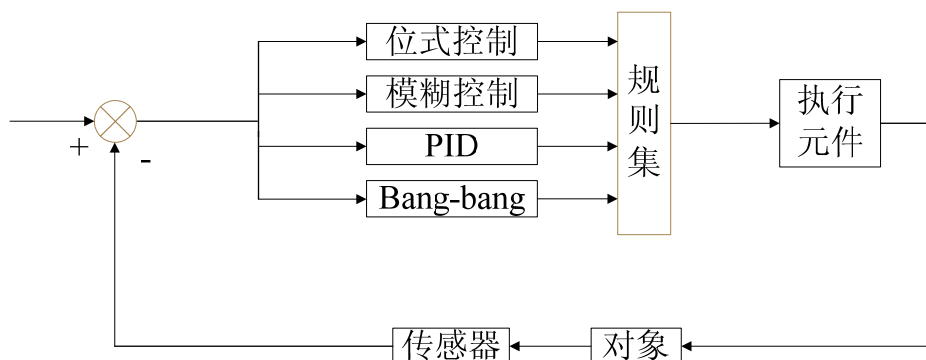


图6 温度控制图

### 3.1.1 加热位式控制

聚合釜在加热前温度为当下室温 30℃左右,根据手操经验,当温度达到 45℃时,要关闭热水阀,然后再观察釜内温度的上升趋势,决定是否开启冷水调节阀或开度大小。所以,在温度为 30~45℃这段范围内,采用位式控制,以降低单釜的操作周期。

### 3.1.2 升温模糊控制

仿照人工控制的经验,设计出二维模糊控制器,被控变量为温度 T1 升高速率:  $dt$ , 输入变量为釜内温度偏差和偏差变化率(等于温度变化率),输出变量(操纵变量)为 V7、V8 冷水阀的开度,阀门特性选择为气关型等百分比阀,控制器为反作用。模糊控制的任务为:在过渡过程的 45℃~120℃ 阶段,用双输入双输出的模糊控制,代替人的手动操作,实现快速平稳过渡。方案如图 7 所示:

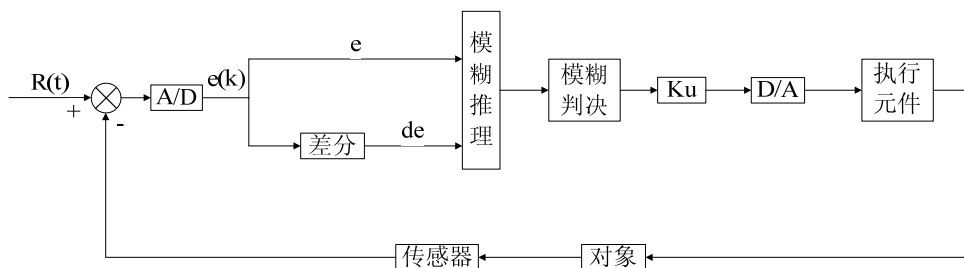


图7 模糊控制示意图

通过分析历史数据,取输入变量温度 T 的基本论域:  $[0, 75]$  °C; 量化论域:  $X = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$ ; 词集:  $\{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB\}$ 。

取温度变化  $dT$  的基本论域:  $[0.09, 0.21]$  °C/s; 量化论域:  $Y = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ ; 词集:  $\{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB\}$ 。7 个词汇分别表示温度上升速度

为负大，负中，负小，正常，正小，正中，正大。

冷水阀开度(控制量)U选用增量型输出，量化论域： $Z = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  词集： $\{NB, NM, NS, ZE, PS, PM, PB\}$ 。各词汇对应的阀门状态分别为大减，中减，小减，不变，小加，中加，大加。

(2) 定义各模糊变量的模糊子集

根据手动策略，隶属函数采用等腰三角形的形式。由隶属函数曲线可以得出各模糊变量在量化论域上的赋值表如表 4、5、6 所示。(具体隶属函数需现场调节)

表 4 温度偏差隶属度表

T	-3	-2	-1	0	1	2	3
NB	1	0	0	0	0	0	0
NM	0	1	0	0	0	0	0
NS	0	0	1	0	0	0	0
ZE	0	0	0	1	0	0	0
PS	0	0	0	0	1	0	0
PM	0	0	0	0	0	1	0
PB	0	0	0	0	0	0	1

表 5 升温速率隶属度表

dt	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
NB	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0
ZE	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1

表 6 阀门开度隶属度

u	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
NB	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0

ZE	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1

### (3) 建立模糊控制规则

通过总结间歇生产过程熟练操作工控制和操作的经验,描述出冷却阀状态和反应釜温度及其变化的关系,从而归纳出被控制过程的控制规则如表 7 所示。

表 7 规则表

	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NM	NS	ZE	ZE	PS	PS
NM	NB	NM	NS	ZE	ZE	PS	PS
NS	NB	NM	NS	ZE	ZE	PS	PM
ZE	NB	NM	NS	ZE	ZE	PS	PM
PS	NM	NS	NS	ZE	PS	PS	PM
PM	NM	NS	ZE	ZE	PS	PM	PB
PB	NM	NS	ZE	ZE	PS	PM	PB

### (4) 计算模糊关系矩阵 R 及控制表

模糊算法最常用的一种推理语言规则是 IF P AND PC THEN U. 这种控制规则是一个模糊条件推理语句,它对应的模糊关系为  $R = P * PC * U$  从表中我们可以得出 91 条控制语句,对每条控制语句都可以得到一个模糊关系,那么,由 91 条语句可得到 91 个模糊关系,从而总的模糊关系为对于给定的输入 P 和输入变化率 PC,把它们模糊化后由模糊推理合成规则求出推理结果 u。用最大隶属度法进行决策(去模糊化),可得到量化论域上的控制量。对于所有可能的输入,都进行类似的离线计算,便可得到一张输入输出的对照表。通过离线计算,得出过渡阶段的模糊控制表 8。

表 8 模糊控制表

	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-3	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	1	2	2	2
-2	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	1	2	2	2

-1	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	1	2	3	4
0	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0	0	1	2	3	4
1	-4	-3	-2	-2	-2	-1	0	1	2	2	2	3	4
2	-4	-3	-2	-1	0	0	0	1	2	3	4	5	6
3	-4	-3	-2	-1	0	0	0	1	2	3	4	5	6

将表中的数据存放到过程控制计算机的内存，实际控制时，只要直接查这张控制表即可，在线的运算量是很少的。这种离线计算，在线查表的模糊控制方法比较容易满足实时控制的要求。

模糊控制 P&ID 图如图 8 所示：

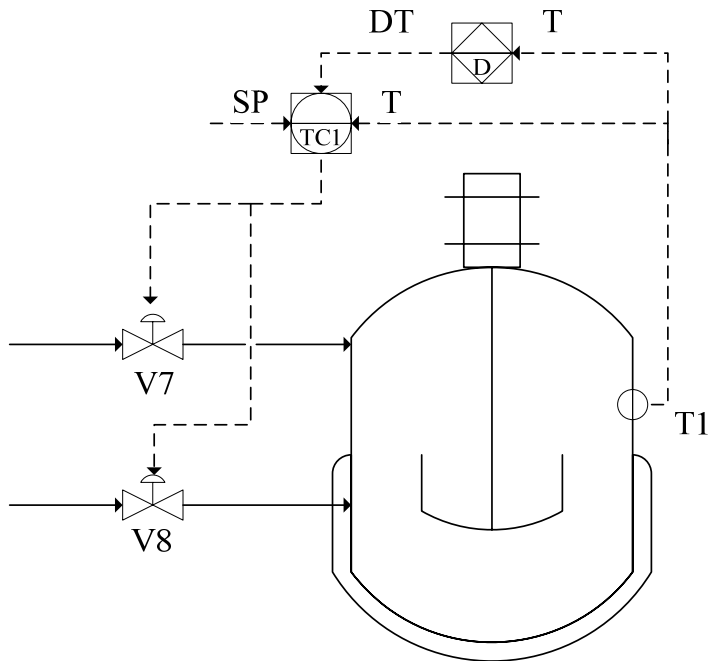


图 8 模糊控制示意图

### 3.1.3 恒温 PID 控制

升温到 121℃时，需要让温度稳定在 121℃。PID 控制具有稳态精度高的特点，因此在恒温阶段，采用选择性 PID 控制方式。被控变量为温度 T1，操纵变量为 V7、V8 阀门开度，控制器为 PID 控制器，反作用。

恒温阶段采用 PID 分档控制的方式。利用不同 PID 控制器参数的选择达到高稳态精度

和扰动下快速恢复平衡的目标。两个 PID 控制器，一个用于稳定是提高稳态精度，一个用于有扰动时快速响应及时使温度重新达到平衡。这样的控制比单一的 PID 控制器具有更好的性能。两个 PID 控制器用软件进行切换。在恒温阶段采用双 PID 分档控制，提高了系统的动态性能和稳态精度。如下图所示：

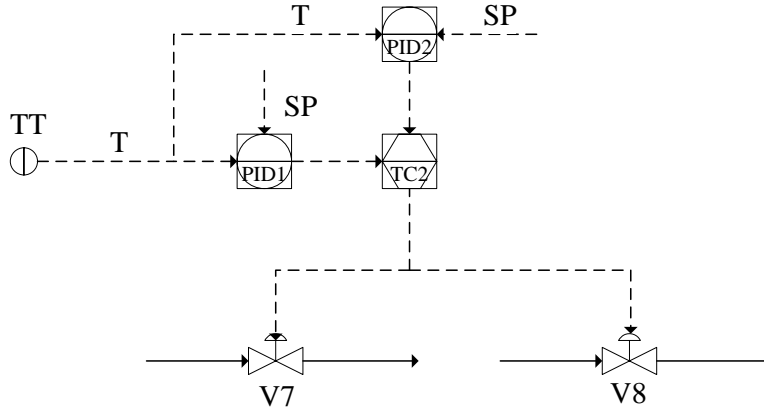


图 9 PID 控制示意图

经过一段时间的反应，随着反应物的减少和生成物的增多，压力 P 和温度 T 开始下降，当冷水阀已经完全关闭而温度还在不断下降时需要间断打开夹套蒸汽加热阀 S6。因为 S6 为开关阀，因此在 V7、V8 完全关闭还不能阻止温度下降时，采用 Bang-Bang 控制，间断开 S6

### 3.1.4 规则集

根据釜内压力的高低，组成简单的规则集来实现智能复合控制。主要规则有：

IF  $T < 60^{\circ}\text{C}$  THEN  $u = \text{位式控制}$ ;

IF  $60^{\circ}\text{C} < T < 118^{\circ}\text{C}$  THEN  $u = \text{模糊控制算法输出}$ ,  $S6 = 0$ ;

IF  $T > 118^{\circ}\text{C}$  AND  $dT > 0.03$  THEN  $u = \text{PID 控制算法输出}$ ,  $S6 = 0$ ;

IF  $121^{\circ}\text{C} > T > 119^{\circ}\text{C}$  AND  $V7 = 0$ ,  $V8 = 0$  AND  $-0.02 < dV7 < 0.02$  THEN  $u = 0$ ,  $S6 = \text{bang-bang}$ ;

完整的温度控制 P&ID 图如图 10:

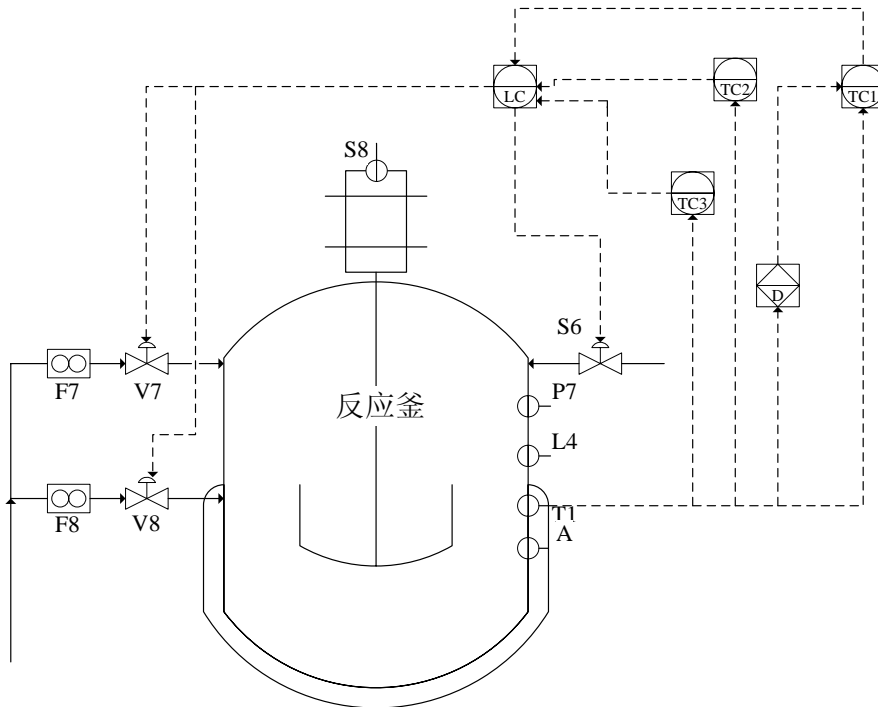


图 10 温度控制示意图

## 3.2 压力控制策略

安全控制是化工生产中非常重要的一环，如果不能处理好压力安全控制，很有可能给企业带来不可估量的损失。在本反应过程中，我们要根据反应所处的阶段改变控制算法，在不同的压力条件下也要采取不同的措施，整个系统错综复杂，需要对不同的状况迅速的做出正确的决策，因此我们考虑使用专家系统。专家系统能运用专家的知识与经验进行推理、判断和决策，善于解决那些不确定性的、非结构化的、没有算法解或虽有算法解但在现有的机器上无法实施的困难问题。

### 3.2.1 协调型专家系统

按专家控制在控制系统的作用和功能，可将专家控制器分为直接型专家控制器和间接型专家控制器。直接型专家控制器取代常规控制器，直接控制生产过程或被控对象。具有模拟（或延伸、扩展）操作工人智能的功能。间接型专家控制器用于和常规控制器相结合，组成对生产过程或被控对象进行间接控制的智能控制系统。具有模拟（或延伸、扩展）控制工程师智能的功能。

下图为间接型专家控制器的结构图：

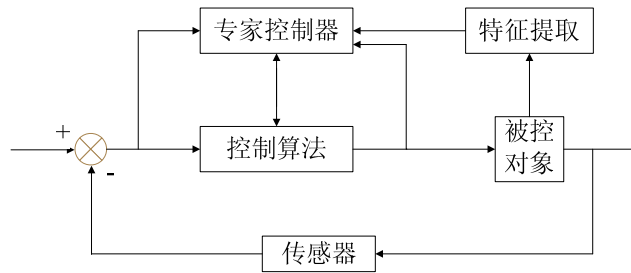


图 11 间接型专家控制器

根据对工艺流程以及被控对象的特性的分析，我们设计了如下图所示的协调型专家控制系统，用来作为温度常规控制的一个补充，来实现对压力的安全控制。

在该专家系统中，推理机采用“事件驱动”的推理方法。以时间表的形式记录事件的特征，并用于事件驱动推理。根据进入事件表的事件特征，在监控的指引下提出合适的动作。事件的主要类型包括：压力报警、主产物产率控制要求、改变控制模态的请求、控制模态的变化的通告以及操作员的信息请求等。示意图如下：

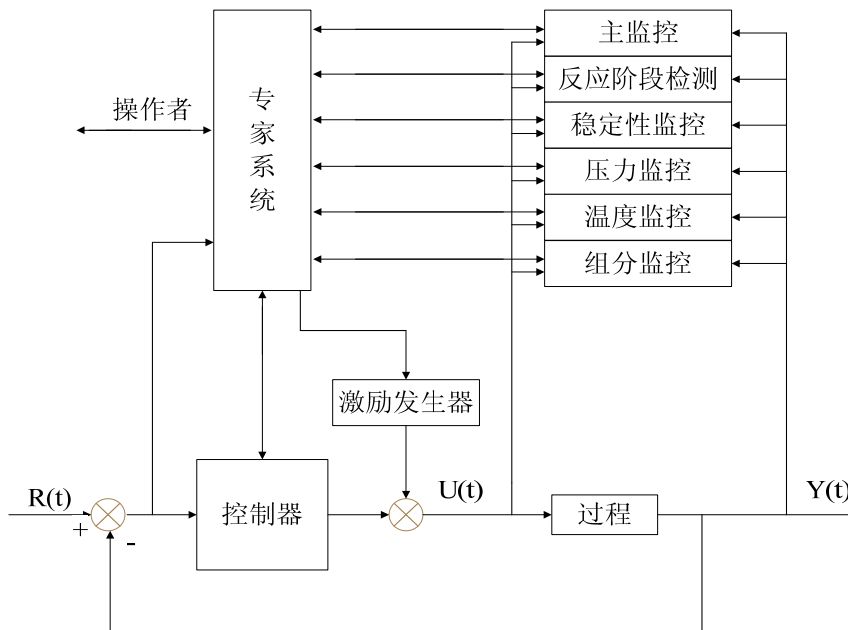


图 12 协调性专家控制系统

### 3.2.2 压力安全专家策略

在反应过程中反应釜内充满了 A 物料的饱和蒸汽，随着反应的进行 A 物料的饱和蒸汽



压随温度上升而迅猛上升，冷却操作不当会发生剧烈爆炸；反应过程中有主副反应的竞争，必须设法抑制副反应，然而主反应的活化能较高，又期望较高的反应温度。

预计釜压在 0.41-0.55Mpa 时反应进入剧烈难控的阶段。此阶段既要大胆升压，又要谨慎小心防止超压。为使主反应充分进行，并尽量减弱副反应，应使压力维持再 0.69Mpa 左右。压力维持过高，一旦超过 0.8Mpa，必须发出报警。若压力 P7 上升过快，已将 V8 和 V7 开到最大，仍压制不住压力的上升，可迅速打开高压水阀门 V10，进行强制冷却。

开启高压水泵后仍无法压制反应，当压力继续上升至 0.83Mpa，立刻关闭反应釜搅拌电机开关 S8。一旦压力出现下降趋势，应关闭 V10，同时开启反应釜搅拌电机开关 S8。

如果前期升压过猛，加热时间过长，冷却又不及时，反应可能进入无法控制的状态。当压力超过 1.20Mpa 已属危险超压状态，将会再次报警扣分。此时应迅速打开放空阀 V5（代替），强行泄放反应釜压力。压力一旦有所下降，立即关闭 V5，若关闭 V5 压力仍上升，反复数次。若反应器压力超过 1.60Mpa，将被认定为反应器爆炸事故。

根据上述描述可以初步建立一个规则库：

IF P7>0.8MPa THEN 报警

IF 0.8MPa<P7<0.83MPa AND V7=100,V8=100 AND dP>0 THEN V10 打开

IF 0.8MPa<P7<0.83MPa AND V7=100,V8=100 AND dP<0 THEN V10 关闭

IF 0.83MPa<P7<1.20MPa AND dP>0 THEN V10 打开，S8 关闭

IF 0.83MPa<P7<1.20MPa AND dP<0 THEN V10 关闭，S8 打开

IF IF 1.2MPa<P7 AND dP>0 THEN V10 打开，S8 关闭，V5 打开

IF IF 1.2MPa<P7 AND dP<0 THEN V10 打开，S8 关闭，V5 关闭

实际情况错综复杂，还需经过在线调试，加入更多规则，以使反应更加安全稳定的运行。

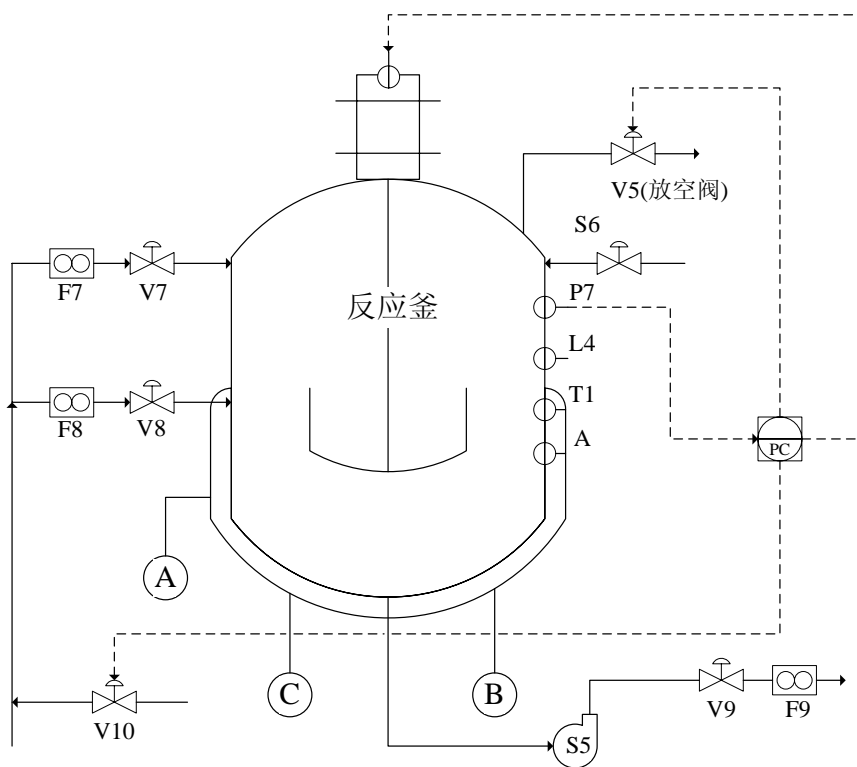


图 13 压力安全控制系统

### 3.3 主产物产率控制策略

要对主产物的产率进行控制，我们首先要得到主产物产率的实时数据，才能根据数据调整控制算法。由于技术和经济上的原因，很难通过传感器在线进行测量的变量。为了解决此类过程的控制问题往往采用两种方法：一种方法是采用间接的质量指标控制，但此法难以保证最终质量指标的控制精度；另一种方法是采用在线分析仪表，设备投资较大，维护和保养复杂，且测量滞后大，使得调节品质下降。为了解决这类变量的测量问题，我们采用软测量技术。应用计算机技术，把一些难于测量或暂时不能测量的重要变量（称之为主导变量），选择另外一些容易测量的变量（称之为辅助变量）通过构成某种数学关系来推断和估计，以软件来代替硬件功能。

#### 3.3.1 软测量技术

##### 1) 辅助变量

辅助变量的选择确定了软测量的输入信息矩阵，因而直接决定了软测量模型的结构和输出。辅助变量的选择包括变量类型、变量数量和检测点的选择。这三个方面是互相关联、互相影响的。具体选择受工艺特性决定。此外还受设备价格和可靠性、安装和维护的难易程度等外部因素制约。

根据对反应流程的分析选择辅助变量为：

T1：反应温度

C1：恒温反应时间

dT1：升温速率

## 2) 误差处理

在实际的工业生产过程中，要测量大量的数据来把握过程的工况和控制过程正常运行，但是由于测量过程中受到传感器、变送器仪表精度、测量原理、测量方法和生产环境的影响，所测得数据不可避免会存在各种测量误差。如果将这些数据直接用于过程质量指标的软测量或故障诊断，不但得不到正确的主导变量定额估计值或过程的真实状态，而且还可能误导操作或导致误操作，引起生产波动，使系统整体性能下降，甚至整个生产过程紊乱。因此输入数据的误差处理是软测量技术中必不可少的。准确的测量数据直接反映了生产状况，为过程监控、优化、计划调度以及决策分析提供了坚实的基础。

一般认为测量数据的误差分为随机误差和过失误差两类。在实际过程中，虽然过失误差出现的概率很小，但它的存在会严重恶化数据的品质。因此误差处理的首要任务就是剔除这类坏数据。

随机误差的处理：对于随机误差通常采用数字滤波法，如高通滤波、低通滤波、数据平滑等，通过各种算法软件可以实现。

过失误差的处理：过失误差出现的概率虽很小，但它的存在会严重恶化数据的品质，可能会导致软测量的失效。因此及时剔除和校正这类数据是误差处理的首要任务。常用的统计方法有拉依达准则、格拉布斯准则、罗曼诺夫斯准则和方差比准则等。

## 3) 软测量模型的建立

软测量技术的理论根源是 20 世纪 70 年代 Brosilow 提出的推断控制。推断控制的基本原理是采集工艺过程中那些比较容易测量的辅助变量，通过构造推断估计器来估计并克服扰动、噪声等对过程主导变量的影响。在某种意义上，推断控制就是软测量。通过对辅助变量的测量并构造某种数学函数来实现对主导变量的在线估计。软测量模型的基本结构如图 14 所示。

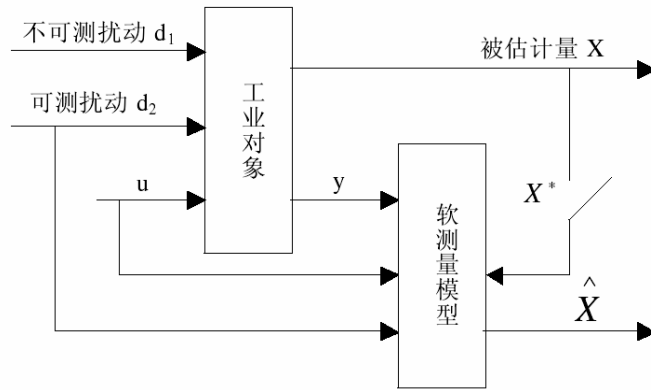


图 14 软测量模型的基本结构

图中  $X$  为被估计变量； $d_1$  为不可测扰动； $d_2$  为可测扰动； $u$  为对象的控制输入； $y$  为对象可测输出变量； $X^*$  为可能有的离线分析计算值或大采样间隔的测量值（如分析仪输出）。

软测量建模就是由可测数据得到  $X$  的最优估计，即

$$\hat{X} = f(d_2, u, y, X^*, t) \quad (3.1)$$

它不仅反映  $X$  与输入的关系，还包括了被估计量  $X$  与可测输出  $X$ （辅助变量）之间的联系，而离线采样值  $\hat{X}$  常被用于模型的校正。

建立数学模型是软测量技术的重要组成部分。建立被估计的过程变量和与该过程变量有关的其它过程变量间的数学模型可以有多个方法，常用的建立数学模型的方法有机理建模，统计回归建模和人工智能，人工神经网络建模等。在本方案中我们选择采用统计回归建模。

统计回归建模是根据统计学的原理，通过大量实时的能够检测到的数据，用统计回归的方法来建立未知的过程变量与可检测过程变量间的数学模型。

静态软测量模型可表示为：

$$\hat{X} = f(d_2, u, y) \quad (3.2)$$

离线测量（或长周期采样）数据  $X^*$ ，与对应的历史数据  $\{d_2, u, y\}$  构成软测量模型的输入输出样本，用于式（3.2）的拟合。

#### I. 线性模型的拟合

设式 (3.2) 可表示为线性结构, 即

$$X = \Phi\theta + \theta_0 \quad (3.3)$$

式中,  $\Phi$  为  $m$  维可测变量行向量;  $\theta$  为  $m$  维线性系数列向量;  $\theta_0$  为常数。考虑  $n$  组输入输出数据, 有

$$X = \Phi\theta + \theta_0 \quad (3.4)$$

$$X = [X_1, X_2, \dots, X_n]^T, \Phi = [\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n]^T \quad (3.5)$$

若  $n > m$ , 可由最小二乘法得:

$$\theta = (\Phi^T \Phi)^{-1} \Phi X \quad (3.6)$$

式 (3.6) 解的存在性取决于样本数据阵  $\Phi$ 。当输入变量均线性无关时,  $(\Phi^T \Phi)^{-1}$  存在。反之,  $\Phi$  为病态阵, 表明输入变量中包含多余的信息。为此, 可在输入变量选出贡献较大的独立变量-辅助变量, 然后采用最小二乘线性回归算式, 也可以直接采用可克服病态问题的部分最小二乘法 (PLS)。线性模型简洁, 外延性好、但是, 当式 (3.1) 模型的非线性特性较显著时, 线性拟合精度较差, 此时需采用非线性模型描述。

## II. 非线性软测量模型的建立

利用历史数据拟合非线性函数  $f(\cdot)$ 。通常  $f(\cdot)$  的形式未知, 一般采用人工神经网络 (ANN) 或模糊推理网络来描述。近年来, 人工神经网络 (ANN) 在控制领域中的应用有了很大的发展, 将辅助变量作为 ANN 的输入, 将主导变量作为其输出, 通过网络的学习来解决不可测变量的软测量问题。

人工智能和神经网络模型是根据人工神经网络的自学习功能来对大量过程检测变量的实时数据进行学习, 并根据学习的结果建立数学模型, 它对对象中的非线性和纯滞后有较好的应用效果。这种建模方法有较强的鲁棒性和不需先验知识, 正成为软测量技术中建模的有效方法。由于它具有自学习功能, 因此模型的正确性还可以通过不断地学习来进行校正, 但对模型输入变量中的超出正常操作条件数据的瓶颈还需人工进行。在实际的应用中, 三层的神经网络是较好的一种选择, BP 算法在建模中也是行之有效的。

神经网络用于软测量建模有两种形式: 既可直接描述系统的动力学, 如图 15 (a) 所示, 又可用于估计常规模型的参数  $\theta$ , 如图 15 (b) 所示。

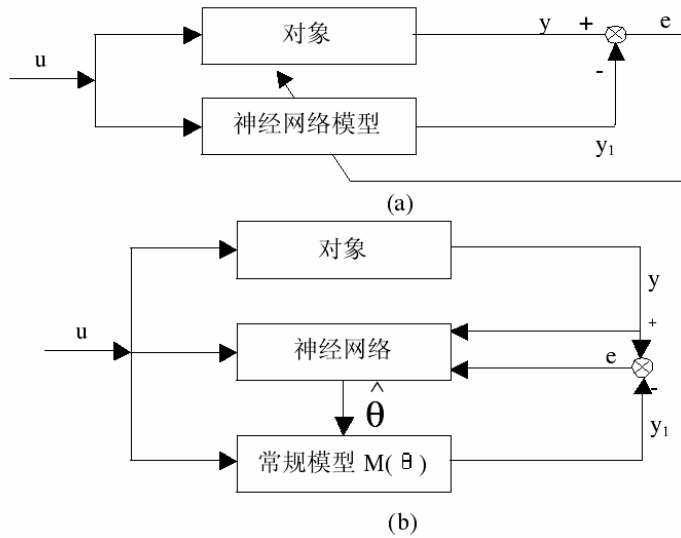


图 15 基于神经网络的软测量建模

基本的 BP 神经网络是一个三层感知器模型，主要由输入层、隐含层和输出层三层组成。它是目前通用的有教师学习网络系统，网络训练的目的主要是使网络的输出逼近目标值。在进行有教师学习时，我们首先要建立一个样本数据库，它包括一定数目的输入向量及其相应的输出向量，然后一般采用下述两个步骤：

第一步：确定网络的拓扑结构

目前理论上已经证明，有两个隐含层的 BP 网络可以按任意精度逼近连续函数，一个隐含层的 BP 网络也可以拟合一大批非线性函数，因而一般的 BP 网络均选用三层网络结构，网络的拓扑结构如图 16 所示。图中每个节点均为一个神经元，输入层神经元的输入值即为其输出值，其余神经元的输入值由该节点所有输入和阈值的加权和组成，即

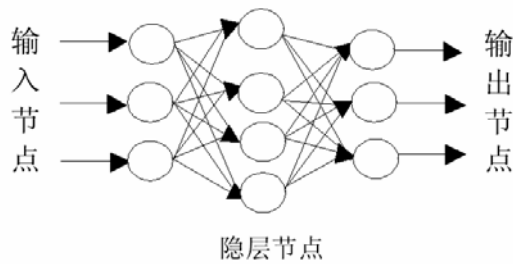


图 16 BP 网络的拓扑结构示意图

$$net_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} x_i \quad (3.7)$$

式中，为  $x_i$  所有节点的输入及阈值； $W_{ij}$  为从  $i$  节点到  $j$  节点的权值。

相应地，该节点的输出值一般采用 Sigmoid 函数，即  $O_j = f(\text{net})_j$ ，其中

$$f(x) = [1 + \exp(-x)]^{-1} \quad (3.8)$$

网络输入、输出节点的确定也属于网络拓扑结构的确定，前二者一般根据具体问题来解决。

隐层节点的确定目前还没有定论，一般要多次试探，比较来确定具体个数。

#### 第二步 确定网络的学习规则

传统的 BP 网络的学习规则是梯度下降法，也就是根据梯度的负方向来修正网络权值，以使误差目标函数最小。该目标函数为

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_j (t_c - O_p)^2 \quad (3.9)$$

式中， $t_c$  是实际输出； $O_p$  是输出单元的期望值。

#### 4) 软测量模型的在线校正

软测量模型建立后，并不是一成不变的。随时间推移测量对象的特性和工作点都可能发生变化，因此必须考虑模型的在线校正，才能适应新工况。软测量模型的在线校正可表示为模型结构和模型参数的优化过程，具体方法有自适应法、增量法和多目标法。根据实际过程的要求，我们采用模型参数自校正方法。

### 3.3.2 组分控制

根据产物 D 的产率主要受到升温速度、保温时间和温度的影响。若生产过程中发生未按步骤开车、因故紧急停车等情况，再来讨论出料成分是没有意义的。因此我们假设整个反应过程按流程顺利从开车至恒温阶段。在这样的一个反应过程中，升温速度和保温时间对产率起到了决定性的影响。根据软测量模型得到主产物产率，通过改变升温速率控制器设定值，调节恒温控制的保温时间或者是提高恒温控制的温度都可对产率产生影响。

依托软测量技术设计如下主产物产率控制器：被控变量为主产物产率 A，输入变量为釜内温度，保温时间，升温速率。

### 3.4 控制系统 P&ID 图

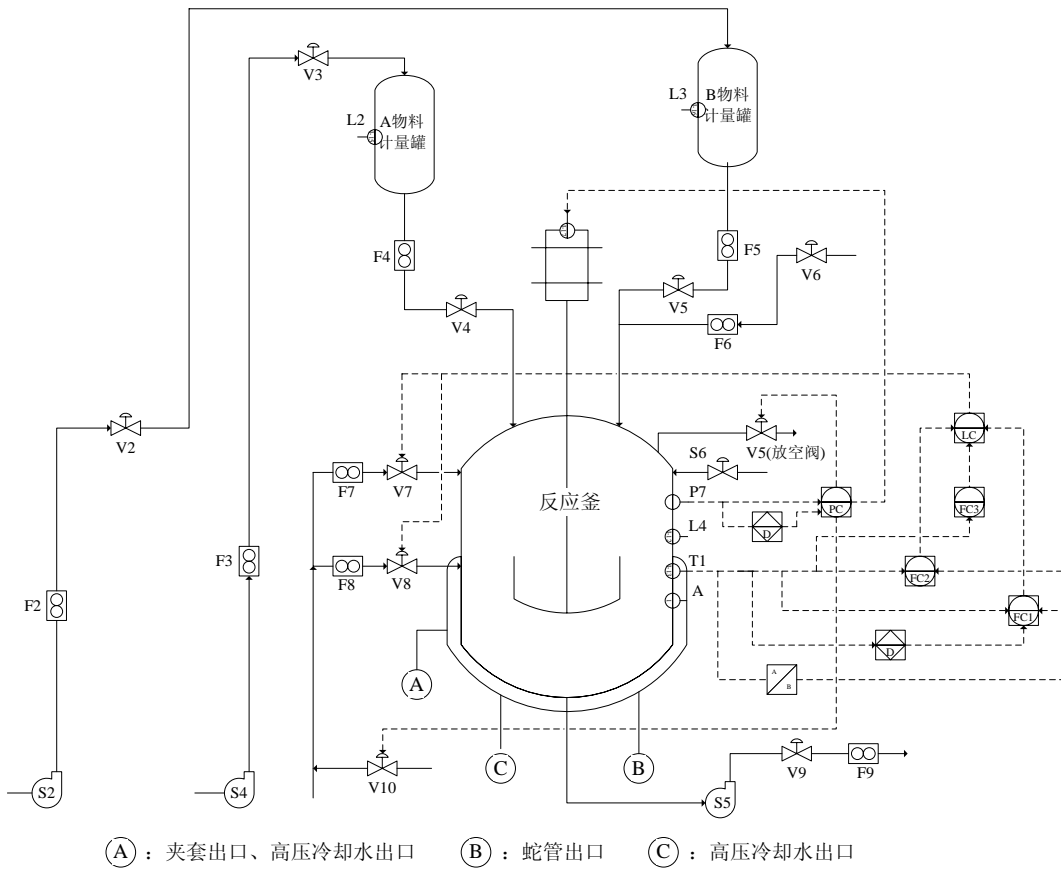


图 17 控制系统 P&amp;ID 图

### 3.5 顺序控制

根据生产工业，对照西门子 SFS 顺序控制编程规范，画出反应顺序控制流程图如下：



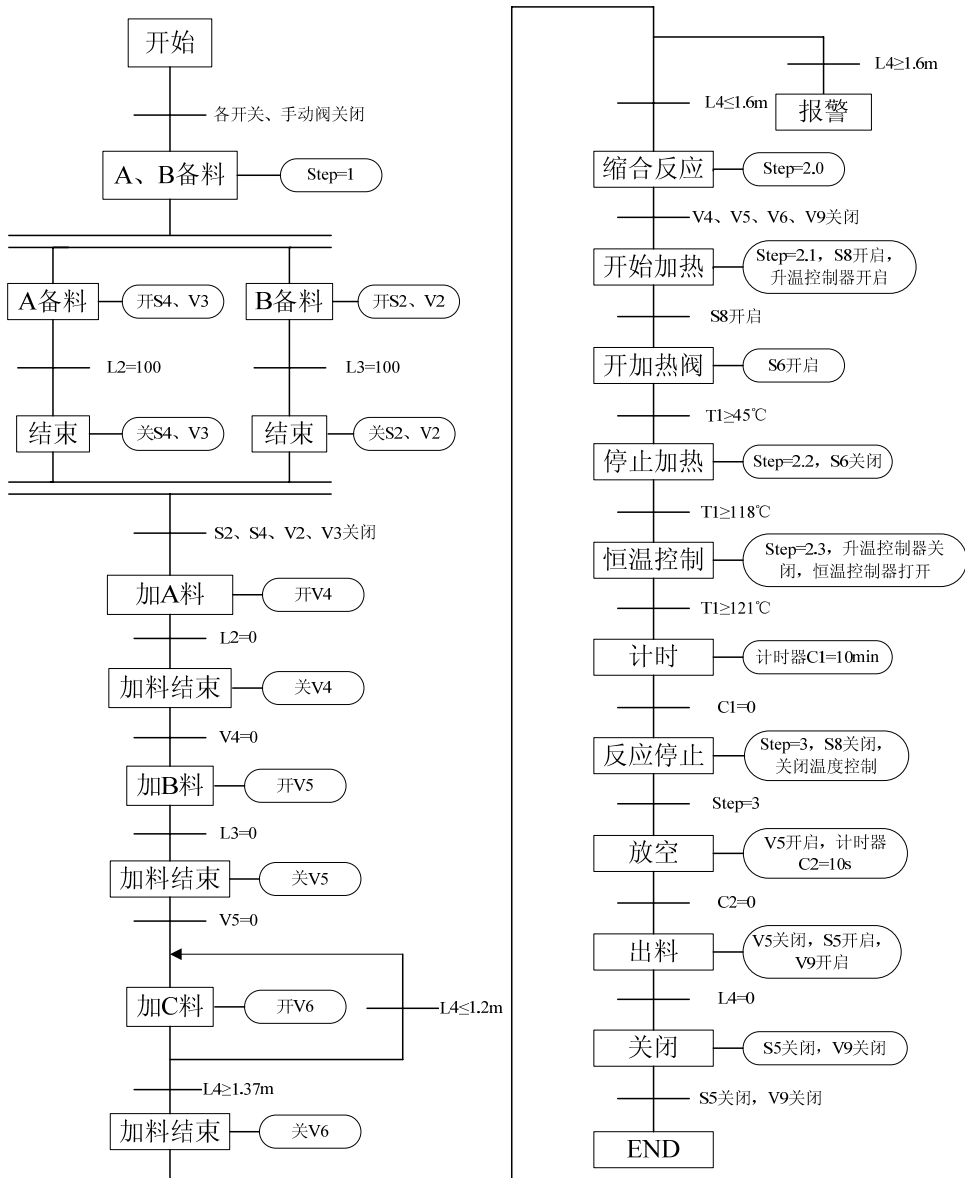
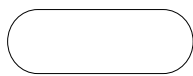
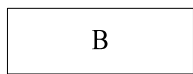


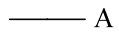
图 18 顺序控制示意图



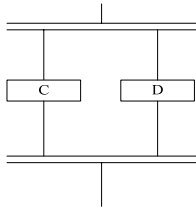
为说明。



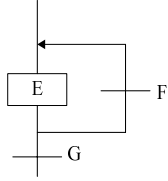
为执行步，即执行 B 命令，执行完即向下执行。



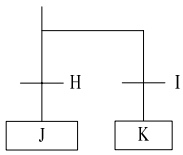
为判断步，判断 A 是否成立，是则执行下一步，否则等待至 A 成立。



为并发执行步，C 和 D 同时执行。



为跳转步，满足 F 条件时跳转至箭头所指，满足条件 G 时向下执行。



为选择步，满足条件 H 时执行 J，满足条件 I 时执行 K。若同时满足 H 和 I 时，按从左至右法则执行 J。

### 3.6 阀门特性选择

表 9 阀门特性

阀门	用途	气动特性	流量特性
V2	B 物料上料阀	气开	快开
V3	A 物料上料阀	气开	快开
V4	A 物料下料阀	气开	快开
V5	B 物料下料阀	气开	快开
V5 (替代)	放空阀	气关	快开
V6	C 物料下料阀	气开	快开
V7	蛇管冷却水阀	气关	对数(等百分比)
V8	夹套冷却水阀	气关	对数(等百分比)
V9	出料阀	气开	快开
V10	高压冷水阀	气关	快开

## 四、控制系统软件实现

下列程序都由西门子 S7 系列 PLC 的 SCL 语言和 C F C 模块化编程语言编写而成，程序中某些参数还需经过现场在线调试修正。

### 4.1 SCL 程序

升温速率模糊控制程序：

```
FUNCTION_BLOCK FB1000
Title= 'FUZY'
{
S7_m_c:= 'true' ;
S7_tag:= 'true'
}
VERSION : '1.0'
NAME : FUZY
VAR_INPUT
TEMP1 {S7_m_c:= 'true' } : REAL := 0.0 ;
DTEMP1 {S7_m_c:= 'true' } : REAL := 0.0 ;
END_VAR
VAR_OUTPUT
FUZY_OUT {S7_m_c:= 'true' } : REAL ;
END_VAR
BEGIN
IF (45.0 < TEMP1) AND (TEMP1 <= 55.5) AND (DTEMP1 <= 0.095) THEN FUZY_OUT := -6 ;
ELSIF (45.0 < TEMP1) AND (TEMP1 <= 55.5) AND (0.095 < DTEMP1) AND (DTEMP1 <= 0.105)
THEN FUZY_OUT := -5 ;
ELSIF (45.0 < TEMP1) AND (TEMP1 <= 55.5) AND (0.105 < DTEMP1) AND (DTEMP1 <= 0.115)
THEN FUZY_OUT := -4 ;
```

```
    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.115<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.125)
THEN FUZY_OUT:=-3;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.125<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.135)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.135<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.145)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.145<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.155)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.155<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.165)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.165<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.175)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.175<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.185)
THEN FUZY_OUT:=1;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.195)
THEN FUZY_OUT:=2;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.195<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.205)
THEN FUZY_OUT:=2;

    ELSIF (45.0<TEMP1) AND (TEMP1<=55.5) AND (0.205<DTEMP1) THEN FUZY_OUT:=2;
    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (DTEMP1<=0.095) THEN FUZY_OUT:=-6;
    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.095<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.105)
THEN FUZY_OUT:=-5;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.115)
THEN FUZY_OUT:=-4;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.115<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.125)
THEN FUZY_OUT:=-3;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.125<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.135)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.135<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.145)
THEN FUZY_OUT:=-2;
```

```
    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.145<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.155)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.155<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.165)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.165<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.175)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.175<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.185)
THEN FUZY_OUT:=1;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.195)
THEN FUZY_OUT:=2;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.195<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.205)
THEN FUZY_OUT:=2;

    ELSIF (55.5<TEMP1) AND (TEMP1<=66.0) AND (0.205<DTEMP1) THEN FUZY_OUT:=2;
    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (DTEMP1<=0.095) THEN FUZY_OUT:=-6;
    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.095<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.105)
THEN FUZY_OUT:=-5;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.115)
THEN FUZY_OUT:=-4;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.115<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.125)
THEN FUZY_OUT:=-3;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.125<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.135)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.135<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.145)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.145<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.155)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.155<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.165)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.165<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.175)
THEN FUZY_OUT:=0;
```

```
    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.175<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.185)
THEN FUZY_OUT:=1;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.195)
THEN FUZY_OUT:=2;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.195<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.205)
THEN FUZY_OUT:=3;

    ELSIF (66.0<TEMP1) AND (TEMP1<=76.5) AND (0.205<DTEMP1) THEN FUZY_OUT:=4;
    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (DTEMP1<=0.095) THEN FUZY_OUT:=-6;
    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.095<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.105)
THEN FUZY_OUT:=-5;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.115)
THEN FUZY_OUT:=-4;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.115<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.125)
THEN FUZY_OUT:=-3;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.125<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.135)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.135<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.145)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.145<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.155)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.155<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.165)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.165<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.175)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.175<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.185)
THEN FUZY_OUT:=1;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.195)
THEN FUZY_OUT:=2;

    ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.195<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.205)
THEN FUZY_OUT:=3;
```

```
ELSIF (76.5<TEMP1) AND (TEMP1<=87.0) AND (0.205<DTEMP1) THEN FUZY_OUT:=4;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (DTEMP1<=0.095) THEN FUZY_OUT:=-4;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.095<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.105)
THEN FUZY_OUT:=-3;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.115)
THEN FUZY_OUT:=-2;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.115<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.125)
THEN FUZY_OUT:=-2;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.125<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.135)
THEN FUZY_OUT:=-2;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.135<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.145)
THEN FUZY_OUT:=-1;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.145<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.155)
THEN FUZY_OUT:=0;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.155<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.165)
THEN FUZY_OUT:=1;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.165<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.175)
THEN FUZY_OUT:=2;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.175<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.185)
THEN FUZY_OUT:=2;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.195)
THEN FUZY_OUT:=2;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.195<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.205)
THEN FUZY_OUT:=3;
ELSIF (87.0<TEMP1) AND (TEMP1<=97.5) AND (0.205<DTEMP1) THEN FUZY_OUT:=4;
ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (DTEMP1<=0.095) THEN FUZY_OUT:=-4;
ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.095<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.105)
THEN FUZY_OUT:=-3;
ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.115)
THEN FUZY_OUT:=-2;
```

```
    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.115<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.125)
THEN FUZY_OUT:=-1;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.125<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.135)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.135<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.145)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.145<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.155)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.155<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.165)
THEN FUZY_OUT:=1;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.165<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.175)
THEN FUZY_OUT:=2;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.175<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.185)
THEN FUZY_OUT:=3;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.195)
THEN FUZY_OUT:=4;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.195<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.205)
THEN FUZY_OUT:=5;

    ELSIF (97.5<TEMP1) AND (TEMP1<=108) AND (0.205<DTEMP1) THEN FUZY_OUT:=6;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (DTEMP1<=0.095) THEN FUZY_OUT:=-4;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.095<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.105)
THEN FUZY_OUT:=-3;

    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.115)
THEN FUZY_OUT:=-2;

    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.115<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.125)
THEN FUZY_OUT:=-1;

    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.125<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.135)
THEN FUZY_OUT:=0;

    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.135<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.145)
THEN FUZY_OUT:=0;
```



```
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.145<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.155)
THEN FUZY_OUT:=0;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.155<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.165)
THEN FUZY_OUT:=1;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.165<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.175)
THEN FUZY_OUT:=2;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.175<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.185)
THEN FUZY_OUT:=3;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.105<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.195)
THEN FUZY_OUT:=4;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.195<DTEMP1) AND (DTEMP1<=0.205)
THEN FUZY_OUT:=5;
    ELSIF (108<TEMP1) AND (TEMP1<=118) AND (0.205<DTEMP1) THEN FUZY_OUT:=6;
    ELSE FUZY_OUT:=0;
    END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

温度控制算法规则集程序:

```
FUNCTION_BLOCK FB1001
Title= 'GZJ'
{
S7_m_c:= 'true' ;
S7_tag:= 'true'
}
VERSION : '1.0'
NAME : GZJ

VAR_INPUT

TEMP1 {S7_m_c:= 'true' } :REAL;
DTEMP1 {S7_m_c:= 'true' } :REAL;
```

```

FUZY{S7_m_c:=' true' }:REAL;
PID{S7_m_c:=' true' }:REAL;
BANGBANG{S7_m_c:=' true' }:BOOL;
VALVE7{S7_m_c:=' true' }:REAL;
DVALVE7{S7_m_c:=' true' }:REAL;
S6_IN{S7_m_c:=' true' }:BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
VALVE78_OUT{S7_m_c:=' true' }:REAL;
S6_OUT{S7_m_c:=' true' }:BOOL;
END_VAR
BEGIN
    IF TEMP1<=60 THEN VALVE78_OUT:=0;S6_IN:=S6_OUT;
    ELSIF TEMP1<=118 THEN VALVE78_OUT:=FUZY;S6_IN:=S6_OUT;
    ELSIF TEMP1>120 AND TEMP1<122 AND VALVE7=0 AND DVALVE7>-0.02 AND DVALVE7<0.02
THEN VALVE78_OUT:=0;S6_IN:=BANGBANG;
    ELSE VALVE78_OUT:=PID;S6_IN:=S6_OUT;
    END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK

```

Bang-bang 控制程序:

```

FUNCTION_BLOCK FB1002
Title= 'BANGBANG'
{
S7_m_c:=' true' ;
S7_tag:=' true'
}
VERSION : '1.0'
NAME : BANGBANG
VAR_INPUT

```

```
TEMP1{S7_m_c:='true'}:REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
BANGBANG_OUT{S7_m_c:='true'}:BOOL;
END_VAR
BEGIN
  IF TEMP1<=121 THEN BANGBANG_OUT:=1;
  ELSE BANGBANG_OUT:=0;
  END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

压力安全控制系统程序:

```
FUNCTION_BLOCK FB1003
Title= 'PRESSURE'
{
S7_m_c:='true';
S7_tag:='true'
}
VERSION : '1.0'
NAME : BANGBANG
VAR_INPUT
PRESSURE7{S7_m_c:='true'}:REAL;
VALVE7{S7_m_c:='true'}:REAL;
DPRESSURE7{S7_m_c:='true'}:REAL;
S8_IN{S7_m_c:='true'}:BOOL;
VALVE5_IN{S7_m_c:='true'}:REAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
VALVE10{S7_m_c:='true'}:REAL;
VALVE5_OUT{S7_m_c:='true'}:REAL;
```

```
S8_OUT{S7_m_c:='true'}:BOOL;
ALARM{S7_m_c:='true'}:BOOL:=0;
END_VAR
BEGIN
    IF PRESSURE7>=0.8 THEN ALARM:=1;
    ELSIF PRESSURE7>=0.8 AND PRESSURE7<0.83 AND VALVE7=100 AND DPRESSURE7>0 THEN
VALVE10:=100; S8_IN:=S8_OUT; VALVE5_IN:=VALVE5_OUT;
    ELSIF PRESSURE7>=0.8 AND PRESSURE7<0.83 AND VALVE7=100 AND DPRESSURE7<0 THEN
VALVE10:=0; S8_IN:=S8_OUT; VALVE5_IN:=VALVE5_OUT;
    ELSIF PRESSURE7>=0.83 AND PRESSURE7<1.20 AND DPRESSURE7>0 THEN VALVE10:=100;
S8_OUT:=0; VALVE5_IN:=VALVE5_OUT;
    ELSIF PRESSURE7>=0.83 AND PRESSURE7<1.20 AND DPRESSURE7<0 THEN VALVE10:=0;
S8_OUT:=1; VALVE5_IN:=VALVE5_OUT;
    ELSIF PRESSURE7>=1.20 AND DPRESSURE7>0 THEN VALVE10:=100; S8_OUT:=0;
VALVE5_OUT:=100;
    ELSIF PRESSURE7>=1.20 AND DPRESSURE7>0 THEN VALVE10:=100; S8_OUT:=0;
VALVE5_OUT:=0;
    ELSE S8_IN:=S8_OUT;VALVE5_IN:=VALVE5_OUT;ALARM:=0;
    END_IF;
END_FUNCTION_BLOCK
```

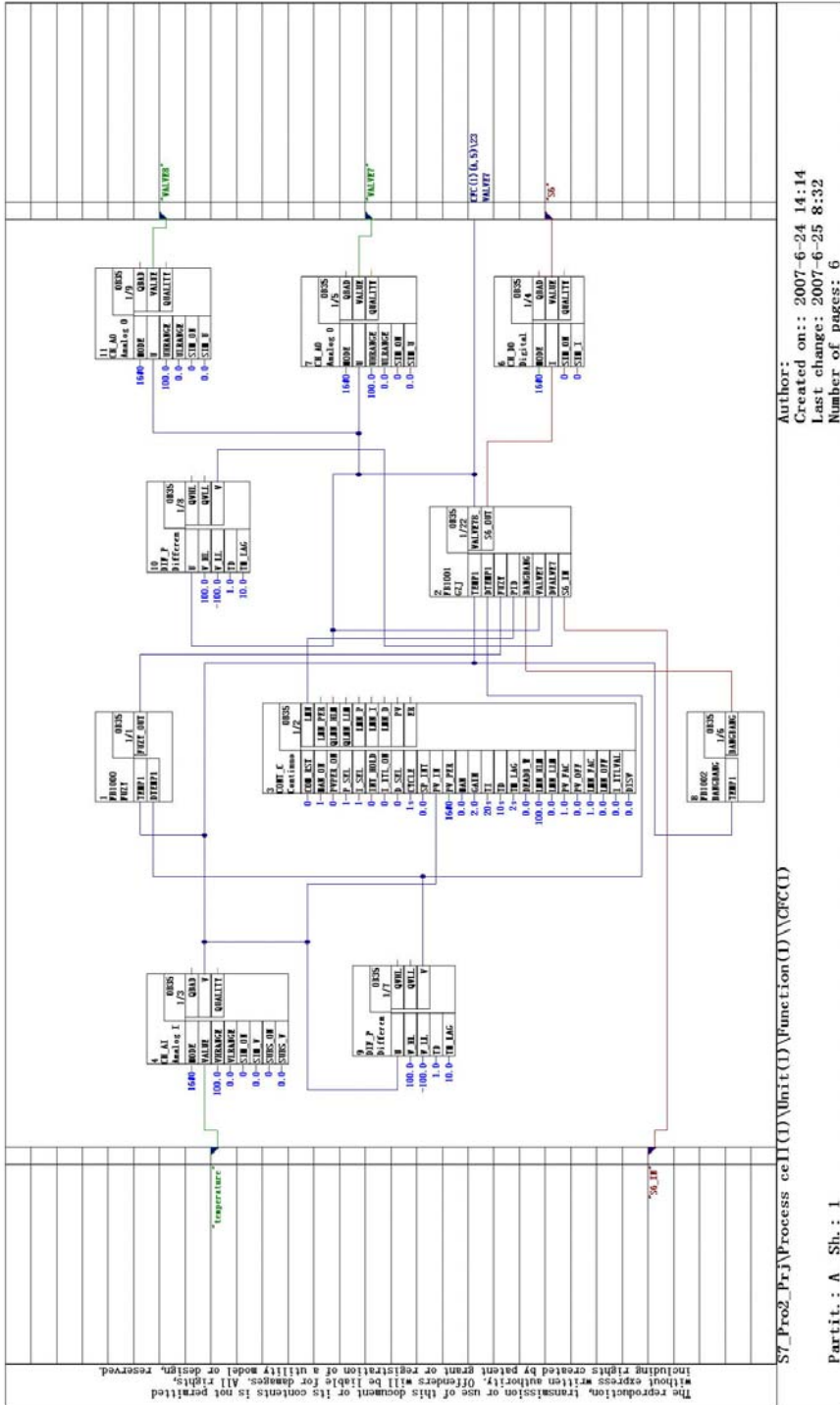
## 4.2 CFC 图描述

图 19 温度控制总图:

2007-6-25 9:42:18

S7\_Pro2\_Prj\Process cell(1)\Unit(1)\Function(1)\CFC(1)

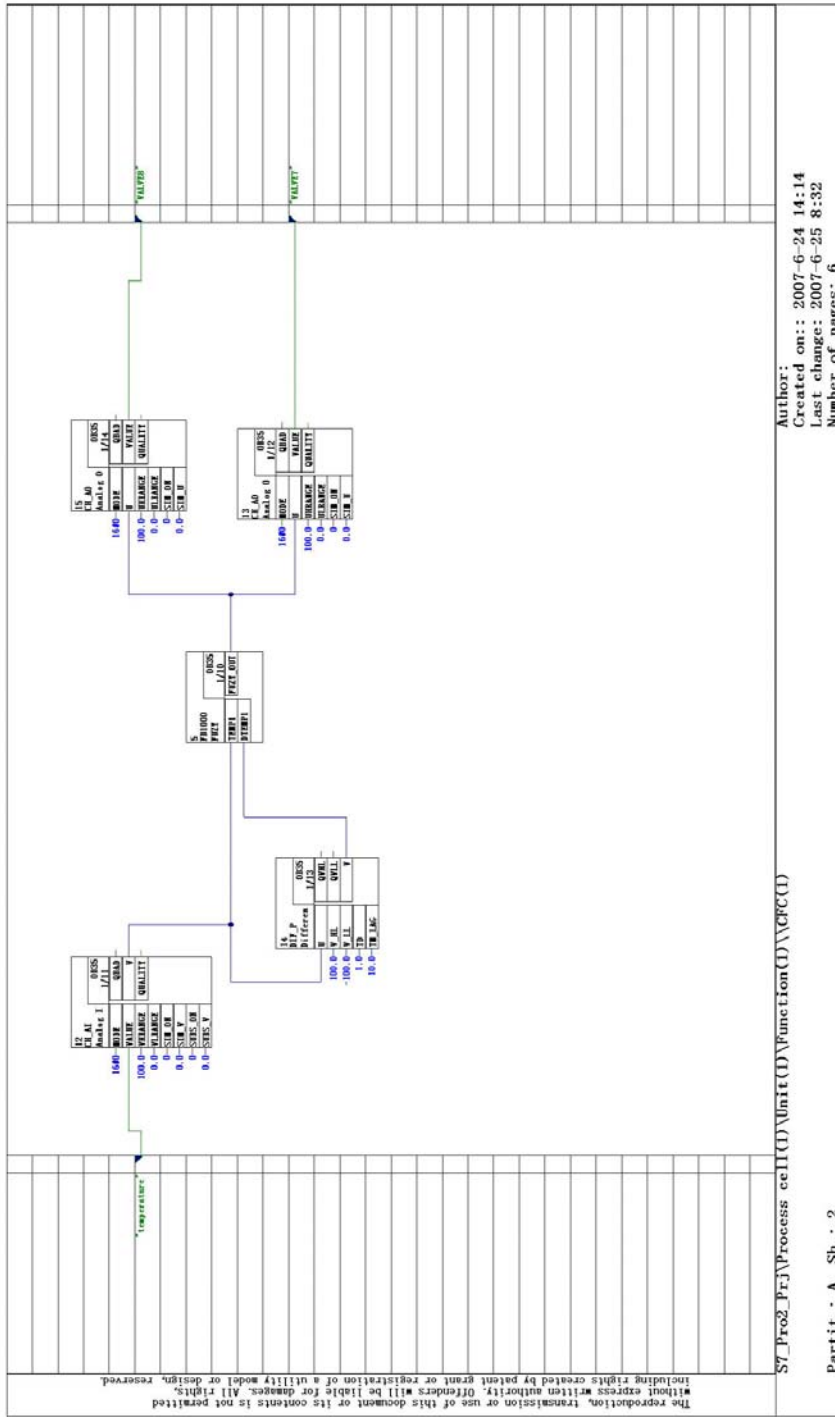
SIMATIC



Page 2 of 6

图 20 升温速率模糊控制:

SIMATIC S7\_Pro2\_Prj\Process cell(1)\Unit(1)\Function(1)\CFFC(1) 2007-6-25 9:42:18



Author:  
Created on: 2007-6-24 14:14  
Last change: 2007-6-25 8:32  
Number of pages: 6

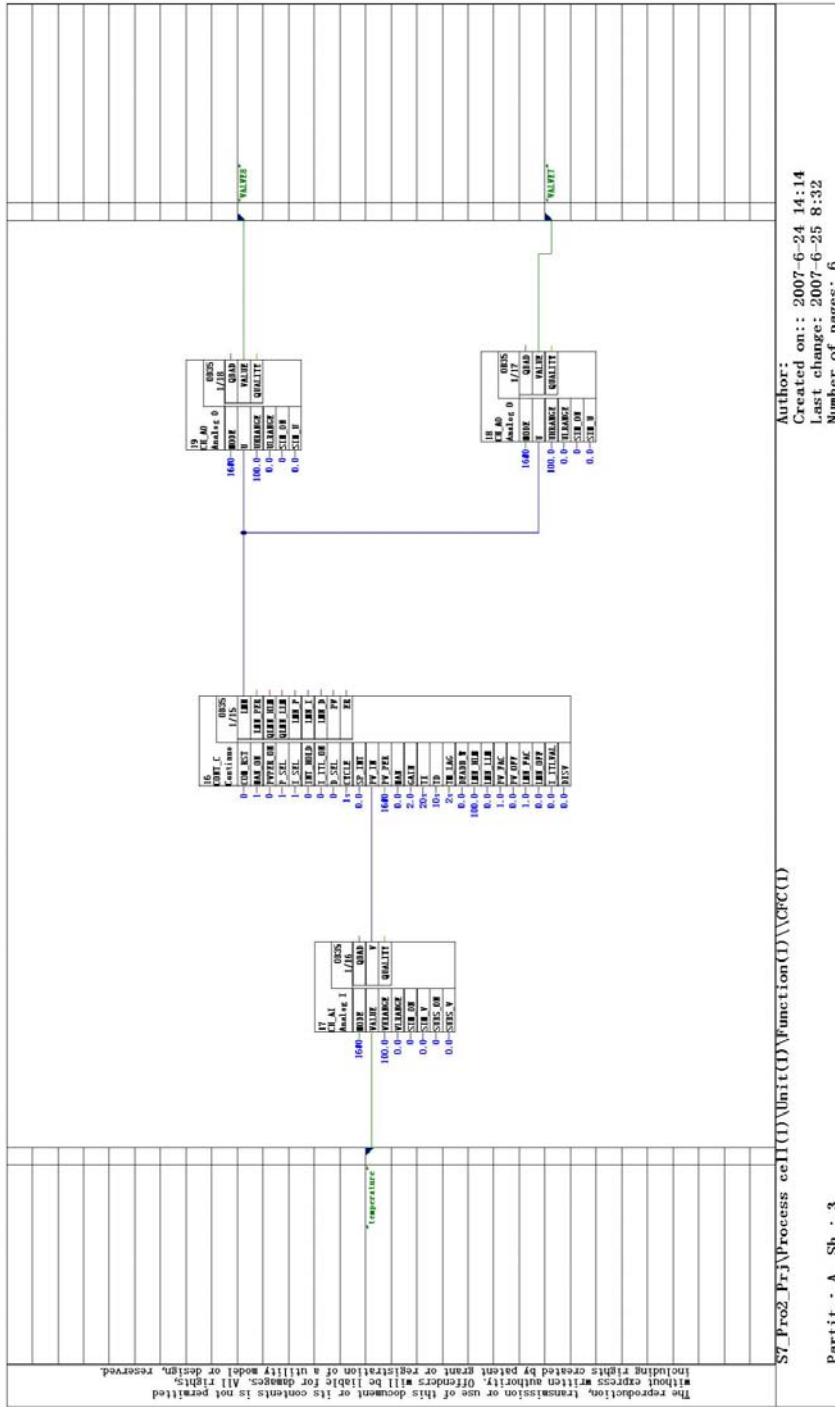
S7\_Pro2\_Prj\Process cell(1)\Unit(1)\Function(1)\CFFC(1)

Partit.: A Sh.: 2

Page 3 of 6

图 21 恒温 PID 控制：

SIMATIC S7\_Pro2\_Prj\Process cell(1)\Unit(1)\Function(1)\CFCC(1) 2007-6-25 9:42:18



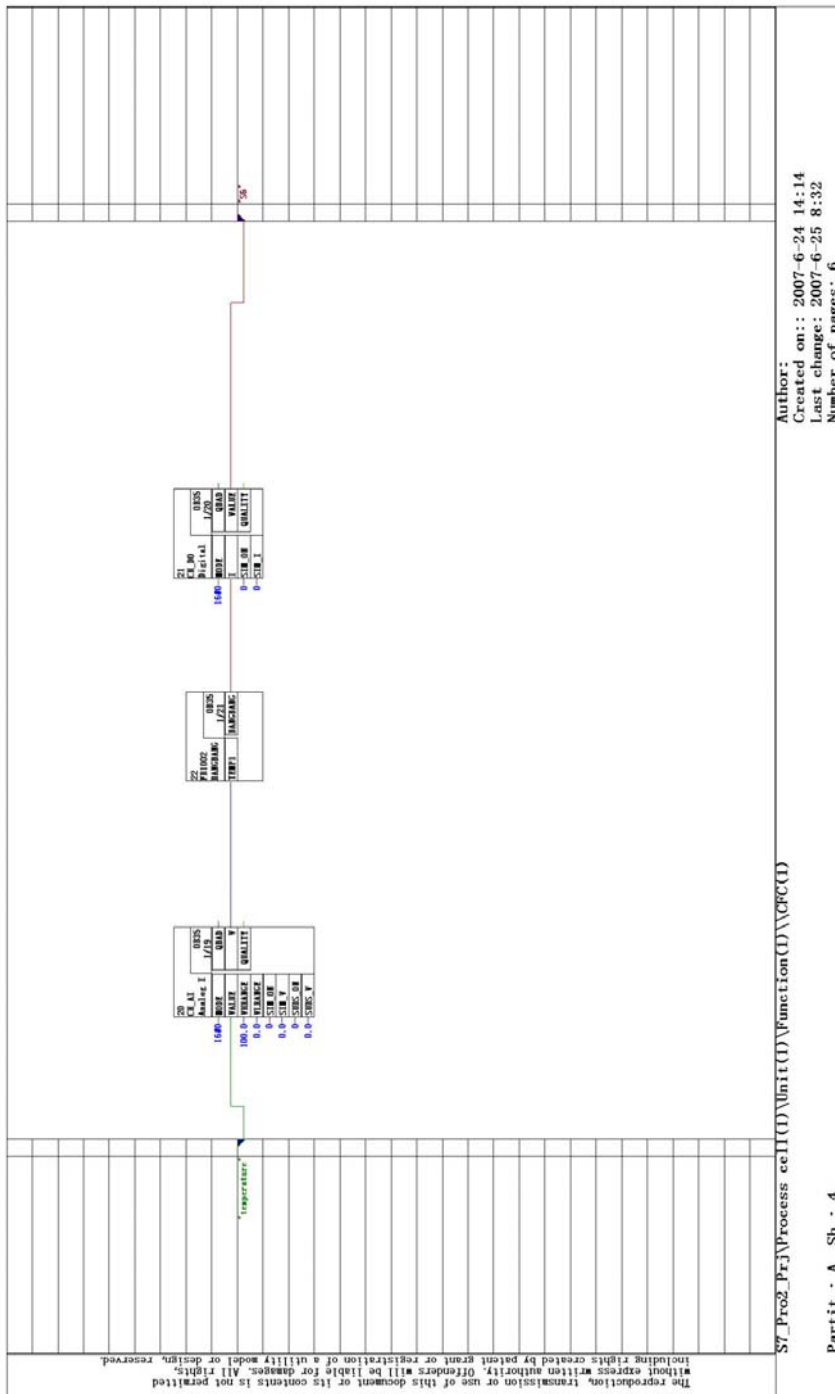
S7\_Pro2\_Prj\Process cell(1)\Unit(1)\Function(1)\CFCC(1)

Partit.: A Sh.: 3

Author:  
Created on: 2007-6-24 14:14  
Last change: 2007-6-25 8:32  
Number of pages: 6

图 22 Bang-bang 控制:

SIMATIC S7\_Pro2\_Prj\Process cell(1)\Unit(1)\Function(1)\GFC(1) 2007-6-25 9:42:18

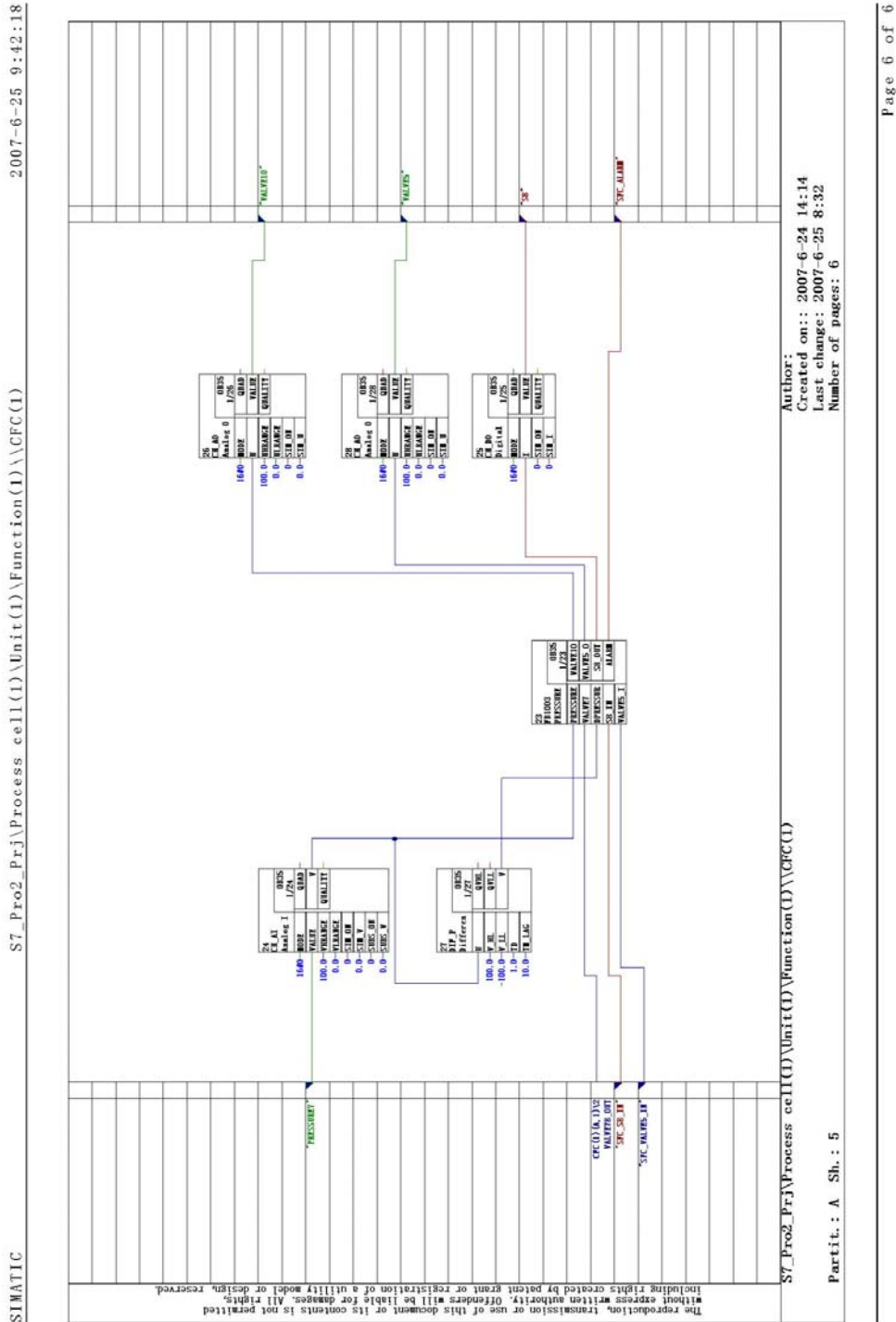


Author:  
Created on: 2007-6-24 14:14  
Last change: 2007-6-25 8:32  
Number of pages: 6

S7\_Pro2\_Prj\Process cell(1)\Unit(1)\Function(1)\GFC(1)  
Partit.: A Sh.: 4



图 23 压力安全专家系统:



### 4.3 SFC 图描述

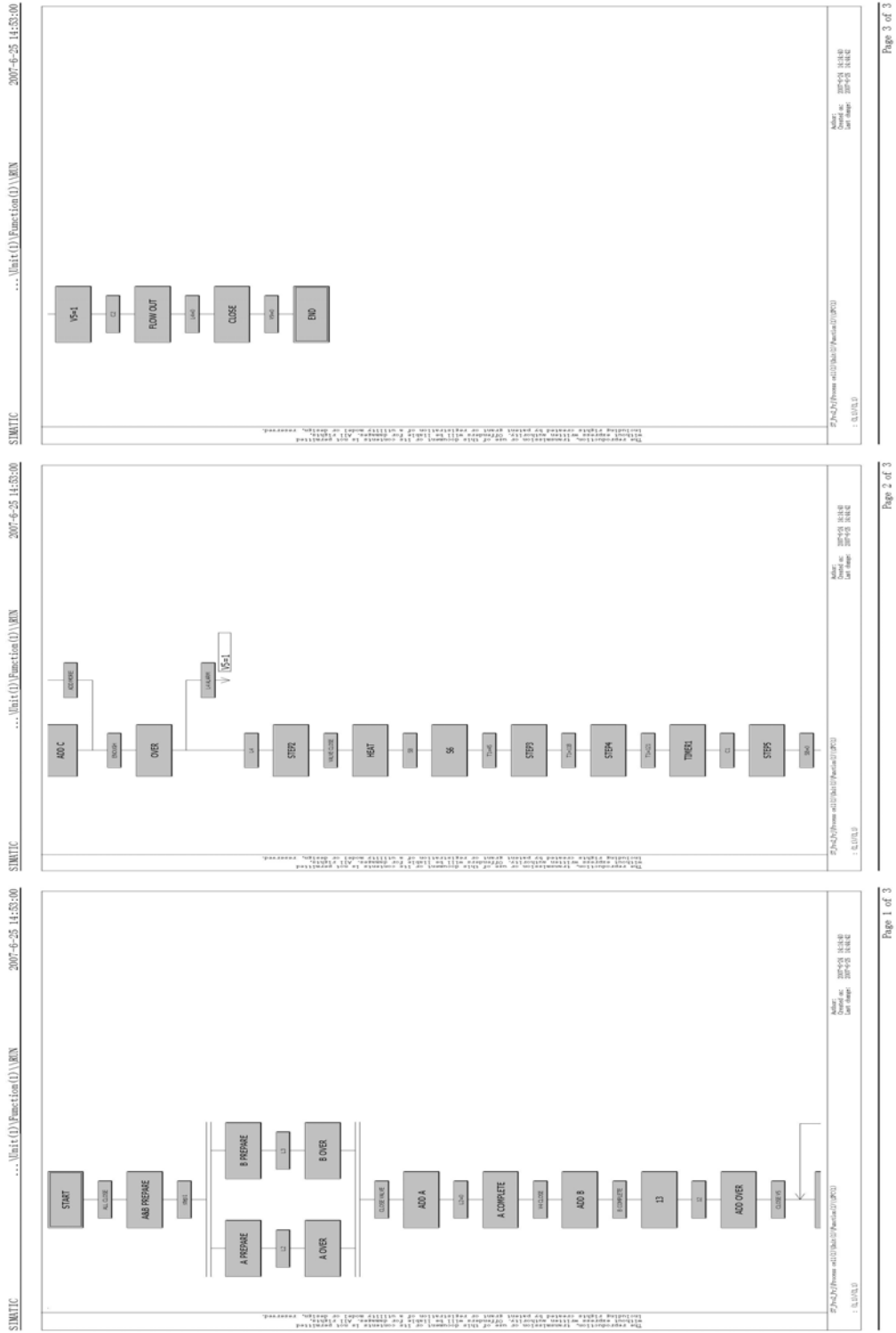


图 24 顺序控制

## 五、监视系统软件设计

在本次方案的设计中我们选择使用西门子公司的 WinCC 软件来构建 SACADA 系统。作为大中型 PLC 的生产厂商，西门子占据了我国 PLC 市场最大的份额。WinCC 组态软件与西门子 S7 系列 PLC 的完美结合，实现了相互之间的整合，这在大量应用和各种工业领域的应用实例中业已证明，包括：汽车工业、化工和制药行业、印刷行业、能源供应和分配、贸易和服务行业、塑料和橡胶行业、机械和设备成套工程、金属加工业、食品饮料和烟草行业、造纸和纸品加工、钢铁行业、运输行业、水处理和污水净化。

WinCC 软件具有以下特点：

### 1) 图形系统

WinCC 的图形系统可处理运行时在屏幕上的所有输入和输出。你可使用 WinCC 图形设计器来生成用于工厂可视化和操作的图形。不管是少而简单的操作和监视任务，还是复杂的管理任务，利用 WinCC 标准，可为任何应用生成个性化组态的用户界面，以期实现安全的过程控制和整个生产过程的优化。你可以自己作出判断！当需要针对过程生成引人入胜的用户界面时，SIMATIC WinCC 能为你提供你需要的一切，系统可为此提供各种对象：从图形对象，按钮、柱状图和控件，直到每个用户对象。组态工程师能够动态控制画面部分的最终外观。这种画面可通过变量值或从程序直接加以控制和设定。

### 2) 集成用户管理

使用 WinCC 用户管理器，可以分配和控制组态和运行时的访问权限。你还可作为系统管理员，随时(包括在运行时)建立最多 128 个用户组(每组最多包含 128 个单独的用户)，并为他们分配相应的访问 WinCC 功能的权限。

### 3) 消息系统

借助报警和消息，使停机时间最短 SIMATIC WinCC 不仅可以获取过程消息和本地事件，而且还能将这些消息和本地事件，而且还能将这些信息存储在循环归档系统中，然后在需要时，通过过滤或分类加以利用。消息可从某个位导出，亦可以直接来自自动化系统的一个报警消息帧，或者是超出极限条件时的模拟量报警。你还可对消息进行组态，以便使用户对它作出响应。可自定义消息结构由于你可自由地定义消息结构，因而能对它加以定制，以便适合于你自己工厂的特定要求。WinCC 能区分多达 16 类消息，所以可以显示干扰状态消息，

以及几个工厂工段的报警、告警、干扰和差错等。归档和记录消息 Microsoft SQL 服务器用来归档消息。系统在出现消息事件时，例如，当出现消息时在改变消息状态时，可对消息进行归档。

#### 4) 归档系统

消息和测量值的高性能归档已经获得的值保存在过程值归档中。除了过程值外，WinCC 还能对消息进行归档。归档是在高性能的 Microsoft SQL Server 2000 数据库内完成的：使用一个专门的服务器，每秒最多归档 10,000 个测量值和 100 个消息。高效率和无损失压缩功能意味着对存储器的要求非常低。你可在事件或过程控制基础上(例如在临界场合)，以及在压缩基础上(例如取平均值)或者循环地(连续)归档过程值。

#### 5) 报表和记录系统

WinCC 有一个集成的记录系统，可用它打印来自 WinCC 或其它应用程序的数据。该系统还可打印运行时获得的数据，这些数据的布局可以组态。可使用不同的记录类型：从消息序列记录、系统消息记录和操作员记录，直至用户报表。显示当前消息的 WinCC 报警控件在打印报表之前，可将它们作为文件保存，并可在监视器上进行预览。

## 5.1 监控系统设计

按照反应的工艺流程，设计了 5 个界面，分别为：反应主画面，趋势画面，参数管理及设定，历史数据，报警画面。

反应主画面：监控系统的主画面，从整体布局上反映了生产过程中个部分的运行状况。

趋势画面：用线图的形式显示了主要数据的变化趋势。

参数管理及设定：监视反应的运行，设定或调整过程参数，使反应顺利进行。

历史数据：记录下反应的关键历史数据，供分析生产工艺或检测设备运行状况用。

报警画面：同时显示所有设备和参数的故障报警信息。

## 5.2 监控系统界面

图 25 反应主画面

图 26 趋势画面

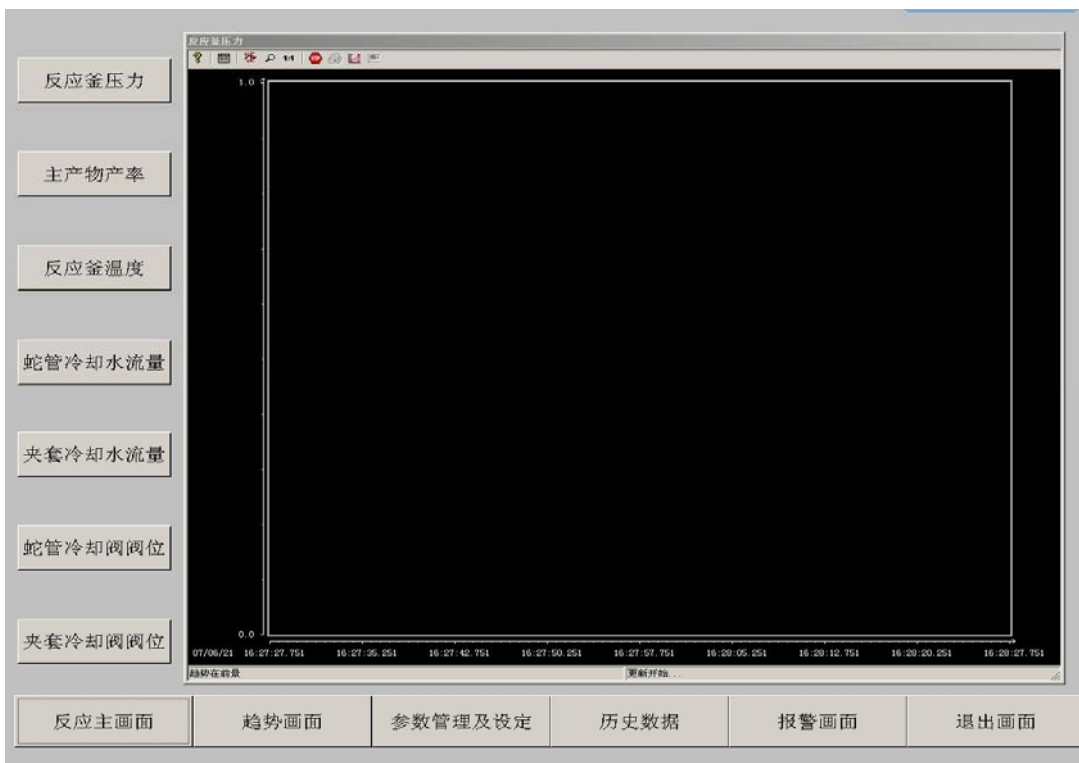
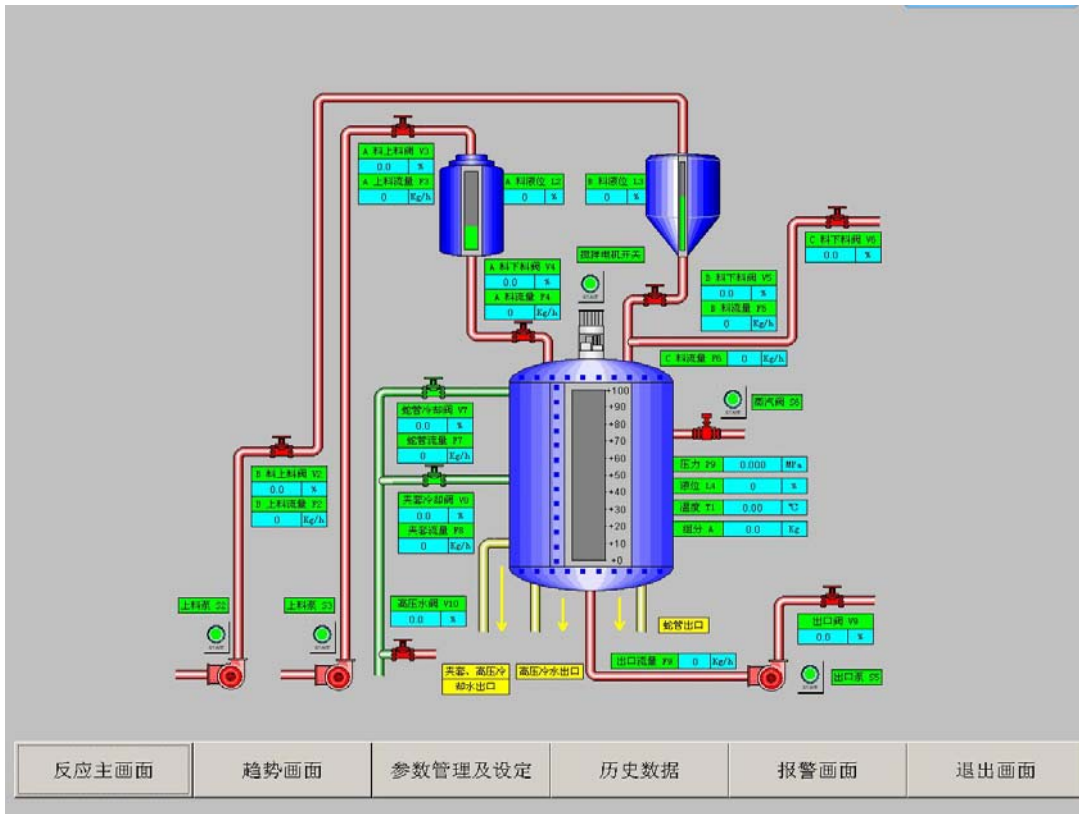


图 27 历史数据



## 参考文献

- [1] 何衍庆等. 工业生产过程控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004, 2
- [2] 徐兵等. 过程控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004, 8
- [3] 陈夕松等. 过程控制系统[M]. 北京: 科学出版社, 2005
- [4] 吴重光. 多功能过程与控制教学实验系统[J]. 实验室研究与探索, 2005, 24(9): 381-384
- [5] 西门子公司. SIMATIC PCS7 过程控制系统. 2005
- [6] 金以慧. 过程控制[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993, 4
- [7] 王树青等. 工业过程控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 1
- [8] 蒋慰孙等. 过程控制工程[M]. 北京: 中国石化出版社, 1999
- [9] 西门子公司. PCS7 深入浅出, 2005
- [10] 西门子公司. PCS7\_catalogue, 2005
- [11] 翁维勤等. 过程控制系统及工程[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002, 7
- [12] 李玉贵等. 液相本体法聚乙烯生产及应用[M]. 北京: 中国石化出版社, 1992, 9
- [13] 王树青等. 先进控制技术应用实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005, 2
- [14] 周德俭等. 智能控制[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2005, 8
- [15] 程武山等. 智能控制理论与应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2006
- [16] 高东杰等. 应用先进控制技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003, 1
- [17] 张化光等. 智能控制基础理论及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005, 1
- [18] 刘金琨等. 智能控制[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005, 5
- [19] 李永彪, 孙正贵, 赵清杰. 间歇聚丙烯生产的智能控制方案[J]. 工业仪表与自动化装置, 2002. 5: 15-25
- [20] 瞿军勇. DCS 通讯与软测量技术研究及在丁二烯装置的应用, 硕士学位论文
- [21] 张泉灵, 王树青. 间歇化学反应温度现金控制系统[J]. 高校化学工程学报, 2001. 15(2): 195-198
- [22] 李平, 王子威. 间歇聚合反应过程的计算机控制及先进控制技术应用进展[J]. 化工进展, 2004. 23(8): 841-845
- [23] 秦家忠, 段天平, 麦燕萍. DCS 集散控制在间歇式液相本体聚丙烯装置上的应用[J]. 天然气与石油, 2001. 19(2): 38-40
- [24] 张辉, 闫广平. PP 聚合釜的自动控制[J]. 吉林化工学院学报, 2004. 21(4): 50-52

- [25] 侯立刚, 李平, 袁庆斌, 李纪. 丙烯聚合反应过程优化控制系统[J]. 化工自动化及仪表, 2001. 28(5): 28-30
- [26] 周庆平, 黄锐. 间歇式聚丙烯生产全过程的自动控制[J]. 石油化工自动化, 2001. 1: 13-17
- [27] 李平, 李刚, 孟令柏. 双重控制系统的广义预测控制[J]. 中南工业大学学报(自然科学版), 2003. 34(4): 386-389
- [28] 西门子杯全国大学生过程控制仿真挑战赛初赛方案第 1 号方案.  
<http://www.ad.siemens.com.cn/sce/promotions/2006compete/precept.asp,2006>.
- [29] 西门子杯全国大学生过程控制仿真挑战赛初赛方案第 10 号方案.  
<http://www.ad.siemens.com.cn/sce/promotions/2006compete/precept.asp,2006>.
- [30] 西门子杯全国大学生过程控制仿真挑战赛初赛方案第 14 号方案.  
<http://www.ad.siemens.com.cn/sce/promotions/2006compete/precept.asp,2006>.
- [31] 西门子有限公司自动化与驱动集团. 深入浅出西门子 WinCC V6[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2004, 5
- [32] 柴瑞娟等. 西门子 PLC 编程技术及工程应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2006, 8



