

2007年西门子杯全国大学生过程控制技能挑战赛

**基于 PCS 7 的带搅拌釜式反应器
(CSTR) 系统的过程控制系统设计**

队伍编号 : 55

目录

第一章 被控对象工艺流程图概述	1
1.1 被控对象工艺流程图概述.....	2
1.2 工艺控制要求.....	2
第二章 控制系统的总体结构设计	3
2.1 控制系统的总体结构.....	3
2.1.1 PCS 7 过程控制系统.....	3
2.1.2 硬件结构及网络层次.....	3
2.1.3 本控制系统的特点.....	4
2.2 控制系统总体控制策略设计.....	5
2.2.1 反应升温过程控制策略.....	5
2.2.2 反应保温过程控制策略.....	6
第三章 系统控制策略方案的设计	8
3.1 开车顺序流程.....	8
3.2 控制系统策略设计.....	9
3.2.1 温度—流量串级控制.....	9
3.2.2 温度模糊PID控制器.....	10
3.2.3 流量分程控制.....	12
3.2.4 出水口温度的前馈控制.....	13
3.2.5 整体升温控制策略方案设计.....	13

第四章 控制系统的硬件设计.....	14
4.1 系统主要硬件设计.....	14
4.2 硬件系统I/O表.....	16
4.3 硬件器件的选取.....	18
第五章 报警系统.....	21
第六章 监控软件设计.....	23
附件.....	24
1 PLC电源.....	24
2 控制柜布局图.....	25
3 电机驱动.....	26
4 模拟输入.....	27
5 模拟输出.....	28
6 数字输出.....	29
7 人机界面.....	30
8 各器件的选型及其基本参数.....	31

第一章 被控对象工艺流程概述

1.1 被控对象工艺流程概述

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：

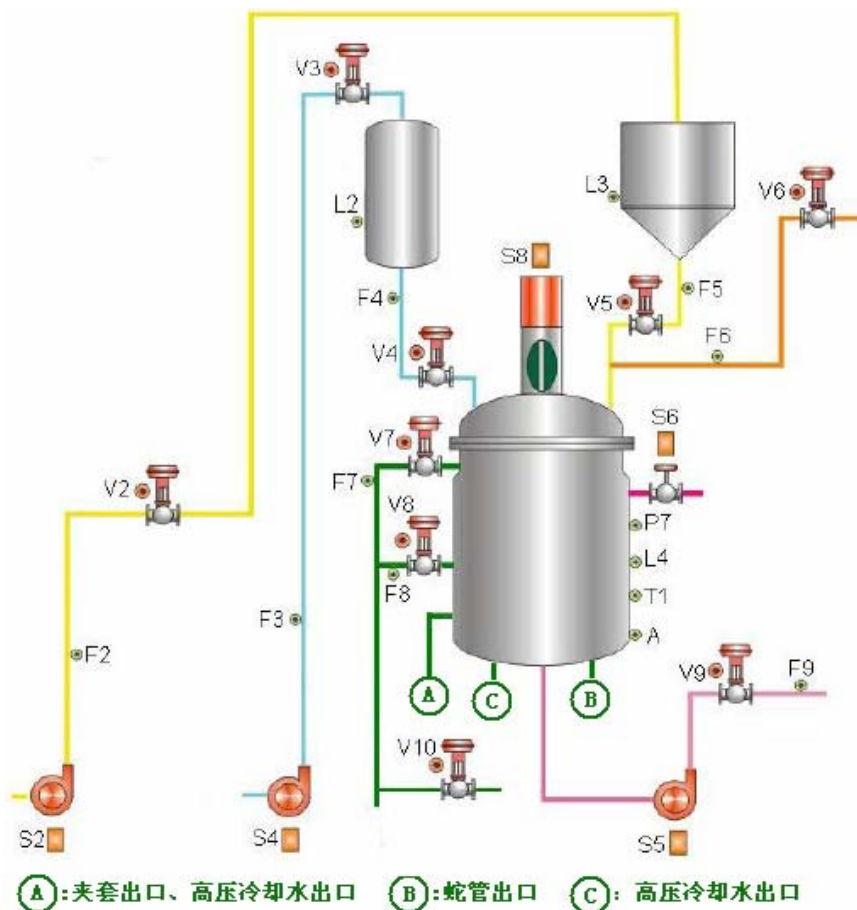


图 1.1 间歇反应工艺流程图

工艺设备包括：两台高位计量罐，其中 A 物料计量罐液位 L2，入口阀 V3，出口阀 V4，A 物料泵及泵电机开关 S4；B 物料计量罐液位 L3，入口阀 V2，出口阀 V5，B 物料泵及泵电机开关 S2。C 物料下料流量 F6，C 物料下料阀 V6。带搅拌器的釜式反应器，反应器内主产物浓度 A，反应温度 T1，液位 L4，反应物出口流量 F9，出口阀 V9，出口泵及出口泵开关 S5（开关）。反应器蛇管冷却水入口流量 F7，蛇管冷却水阀 V7；反应器夹套冷却水入口流量 F8，夹套冷却水阀 V8；反应器夹套加热蒸汽阀 S6（开关）。反应器放空阀 V5，反应器搅拌电机开关 S8，高压冷却水阀 V10。

向缩合反应釜加入三种物料

(1) 打开 A 物料计量罐下料阀 V4，观察计量罐液位因高位势差下降，直至

液位 L2 下降至 0.0m，即关闭 V4。

(2) 打开 B 物料计量罐下料阀 V5，观察液位指示仪，当液位 L3 下降至 0.0m，即关 V5。

(3) 打开 C 物料阀 V6，将料液打入反应釜。注意反应釜的最终液位 L4 等于 1.37m 时，必须及时关 V6，否则反应釜液位会继续升高，当大于 1.6m 时，将引起液位超限报警。

(4) 当反应釜的最终液位 L4 小于 1.2m 时，必须补加 C 物料，直至合格。否则反应不会继续。

1.2 工艺控制要求

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。并且保证温度以 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。

第二章 控制系统的总体结构设计

2.1 控制系统的总体结构

2.1.1 PCS 7过程控制系统

本设计基于西门子SIMATIC PCS 7 的系统平台，以带搅拌釜式反应器的间歇反应过程为对象，设计了一套自动化控制系统。

PCS 7 作为硬件基础及软件开发平台，整合了一个最优秀过程控制系统（DCS）的所有组件，是结合先进的电子制造技术、网络通讯技术、图形及图像处理技术、现场总线技术、计算机技术和先进自动化控制理论的先进过程控制系统。它是结合可视化系统、工程师站、现场总线、基于 SQL 的归档系统以及集成的硬件控制器。采用优秀的上位机软件WinCC 作为操作和监控的人机界面，利用开放的现场总线和工业以太网实现现场信息采集和系统通讯，采用S7 自动化系统作为现场控制单元实现过程控制，以灵活多样的分布式I/O 接收现场传感检测信号。使用PCS7进行监视和控制，具有很好的可靠性、稳定性和先进性。SIMATIC PCS 7 采用符合IEC61131-3 国际标准的编程软件和现场设备库，提供连续控制、顺序控制及高级编程语言。现场设备库提供大量的常用的现场设备信息及功能块，可大大简化组态工作，缩短工程周期。SIMATIC PCS 7具有ODBC，OLE 等标准接口，并且应用以太网、PROFIBUS 现场总线等开放网络，从而具有很强的开放性，可以很容易地连接上位机管理系统和其它厂商的控制系统。

SIMATIC PCS 7 过程控制系统具备了以下几个方面特点：

- (1) 高度的可靠性和稳定性；
- (2) 高速度，大容量的控制器；
- (3) 客户 / 服务器的结构；
- (4) 集中的从上到下的组态方式；
- (5) 能灵活、可靠地嫁接于老系统；
- (6) 集中的、友好的人机界面；
- (7) 含有配方功能的批量处理包；
- (8) 开放的结构，可以同管理级进行通讯；
- (9) 同现场总线技术融为一体。

2.1.2 硬件结构及网络层次

具体的控制系统网络示意图如图2.1所示。

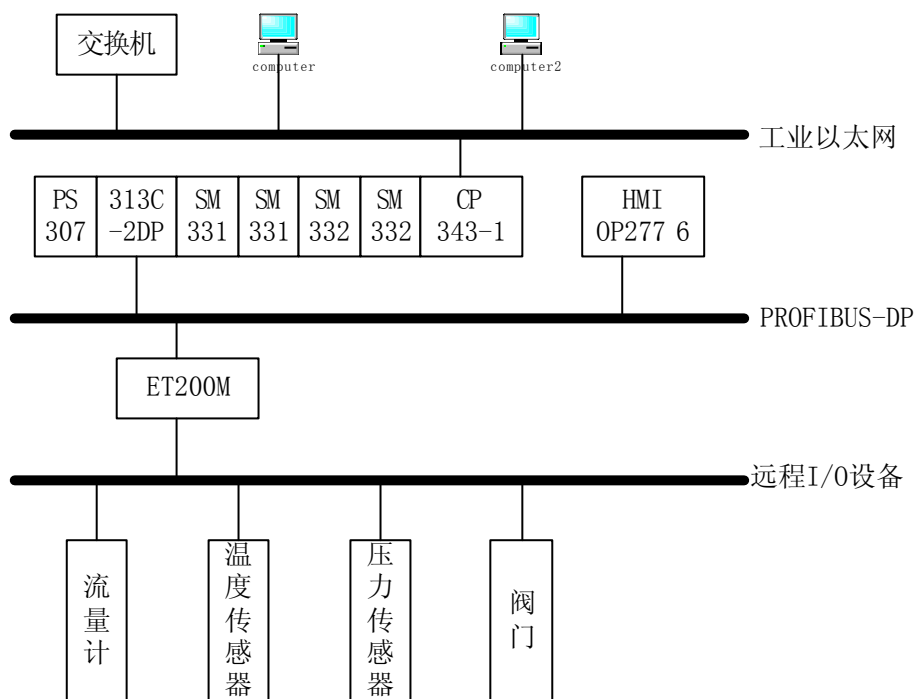


图2.1 控制系统网络结构图

本系统的硬件结构体系从上位机，网络层，控制层，设备层，结合PCS 7系统，构建了一个控制框架图。

S7-300PLC 与上位机采用工业以太网通信方式。CPU 313C-2DP扩展以太网模块CP343-1通过外部RJ45适配器连接到工业以太网。上位机中装入内置CP1512卡，通过外部RJ45适配器连接到工业以太网。CPU 和所有扩展模块使用UPS 电源供电，CPU 外加E²PROM 程序和数据存储卡，并使用后备电池用于程序和运行数据的保存。通过PROFIBUS-DP网络，实现PLC与远程I/O的通讯。

2.1.3 本控制系统的特点：

- 1) 系统的核心设备选用了世界知名牌品的德国SIEMENS公司的SIMATIC系统，充分保证了整个系统的高可靠性、技术先进性、灵活扩展性、标准开放性 & 高性能价格比。
- 2) 针对控制室与控制现场的距离大小，在I/O 模块的选择上有两种方案：如果现场设备和现场传感器分布集中且离控制室很近，那么可以选择直接把信号接到与CPU 所在的基站的I/O 模块上；如果生产现场离控制室比较远，或者生产现场环境危险，对CPU 的安全威胁大，则可采取分布式I/O 模块，比如可以选择ET200M。ET200M 放置在现场传感器和执行器附近，通过PROFIBUS—DP 现场总线将ET200M 与控制室的CPU 相连，这样也可以大大节约电缆等材料。本系统就是考虑到现场控制室比较远，生产现场环境危险，对CPU 的安全威胁大。
- 3) 选择PROFIBUS—DP 现场总线优点是：传输速率高，可达12Mbps；技术成熟，

易于调试和维护；易于扩容和系统升级且成本不高。

4) 系统中央控制室操作员站设有多种操作级别，具有很好的操作安全性，并采用全中文界面设计，简单易用。通过HMI还可以直接修改程序和相关的参数，非常方便。

5) 系统具有很好的扩展性，并已充分考虑了扩展容量，可很方便地进行后续扩展，以适应更大规模的扩展需要。而且系统扩展或升级时，不需要更换现有设备，可为用户节约升级或扩展费用。另外，系统采用了标准数据接口，并应用了标准通讯网络，具有很好的开放性，可以很方便地与其他计算机系统相连接，构成一个管控一体化的全厂大系统。

6) 本控制系统是通过SIMATIC PCS7 313C-2DP集成的 PROFIBUS-DP 接口与 SIMATIC ET200M进行连接通信。ET 200M 是 PROFIBUS-DP 现场总线的一个从站，最大数据传输率是12 Mbit/s。

2.2 控制系统总体控制策略设计

2.2.1 反应升温过程控制策略

带搅拌釜式反应器是一种最为常见，具有代表性的反应器，属于间歇反应过程，而且广泛的应用于化工生产的各个领域。带搅拌釜式反应器有一些非常重要的过程参数，如：反应压力、反应温度、冷却水阀流量等等。对于这些参数的控制至关重要，它们不但决定着产品的质量 and 生产的效率，也很大程度上决定了生产过程的安全性。由于非线性和温度滞后等很多因素，使得常规方法对釜式反应器的控制效果不是很理想。本文以带搅拌釜式反应器的工业生产过程作为被控对象，结合模糊 PID 控制、串级控制、前馈控制等多种控制方式，设计了一套基于西门子 PCS7 的自动化控制系统。

根据反应器的工艺流程特点，它是一个自发反应放热的过程。反应釜温度和压力是确保反应安全的关键参数，反应主产物的产率主要受到升温速度、保温时间与温度的影响，因此，温度是整个反应过程中最为重要的参数，也是对整个反应起着决定性的影响。反应压力随反应温度变化，反应温度上升，反应压力也上升，反应温度下降，反应压力也下降。反应压力的改变实质上是温度变化的前奏，而压力的变化及其测量变送都要比温度的变化和测量快，反应压力作为安全报警，不仅可以作为对反应器安全的判断指标，而且它的测量变送快的特点，使得采取安全措施的时间留有一定的裕度。对反应温度的控制，主要是通过控制夹套和蛇管冷却水的流量。冷却水流量随着冷却水阀门的开度，以及夹套和蛇管冷却水阀的组合而变化，从而改变冷却水带走的热量，使得反应器温度符合工艺过程的要求。

反应升温过程控制

下料后开启反应釜搅拌电机，适当打开夹套蒸汽加热阀S6，观察反应釜内温度T逐渐上升。当温度T1上升至45℃左右应停止加热，关闭夹套蒸汽加热阀S6。反应此时已被深度诱发，并逐渐靠自身反应的放热效应不断加快反应速度。通过PLC顺序控制完成常温加热到45℃这一过程。

温度—流量串级控制

根据本反应器的工艺过程要求，总体采用温度—流量串级控制。温度作为主对象，流量作为副对象。温度和流量作为整个反应最主要的控制量，温度控制属于滞后控制过程，采用温度—流量串级控制，能够提高主参数温度的控制质量，流量副回路的引入，能克服控制阀的流量压力波动，以及对流量开度的影响，使流量变化平缓。串级控制系统可以迅速控制流量副回路的扰动，副回路起到迅速的粗调作用，主回路起进一步的细调作用。而且容许副回路内各个环节的特性在一定范围内变动而不影响整个系统的控制品质。符合流量回路存在干扰的特性。

温度模糊PID控制器

基于串级控制的基础上，温度控制器采用模糊PID控制，温度误差和温度误差的变化率作为模糊的输入，根据模糊规则实时调整PID控制器的参数，比一般的PID控制器具有更好的自适应性。特别对于间歇反应过程，反应器的数学模型随着时间会产生变化，固定的PID控制器很难精确地控制时变的系统，加入模糊控制，使得控制器更能适应系统的变化，从而更好地控制温度。而且，模糊控制器考虑到温度变化的速率，能够使得温度能更接近理想的速率上升。

流量分程控制

流量由夹套冷却水阀门V8及蛇管冷却水阀门V7控制。根据工艺的要求，分程控制夹套冷却水阀门V8和蛇管冷却水阀门V7，用一个控制器输出同时控制两个控制阀。控制阀在控制器某个信号段内从全关到全开，逐步实现从V8的开度，到V8全开，然后同时打开V7，到V7全开。这样，可以扩大控制阀的可调范围，改善控制品质。

前馈控制

冷却水出水口温度要求：夹套冷却水出口温度和蛇管冷却水出口温度不得低于60℃。把出水口的温度作为流量的前馈补偿，保证出水口温度。前馈控制属于一种开环控制，它能迅速对流量进行控制，而反应器的温度控制具有时延性，在影响反应器温度前，已经通过对流量的微调，改变冷却水出水口的温度。

2.2.2 反应保温过程控制策略

当温度达到120℃，由软件切换到保温控制过程。通过控制流量阀门V7,V8

对反应器温度进行控制。采用温度—流量串级PID控制，把温度控制在120℃。其中流量回路控制仍采用分程控制。与升温过程不同，主回路和副回路的控制器参数不同，而且分程控制信号段的分区值也改变。

总体设计原理图：

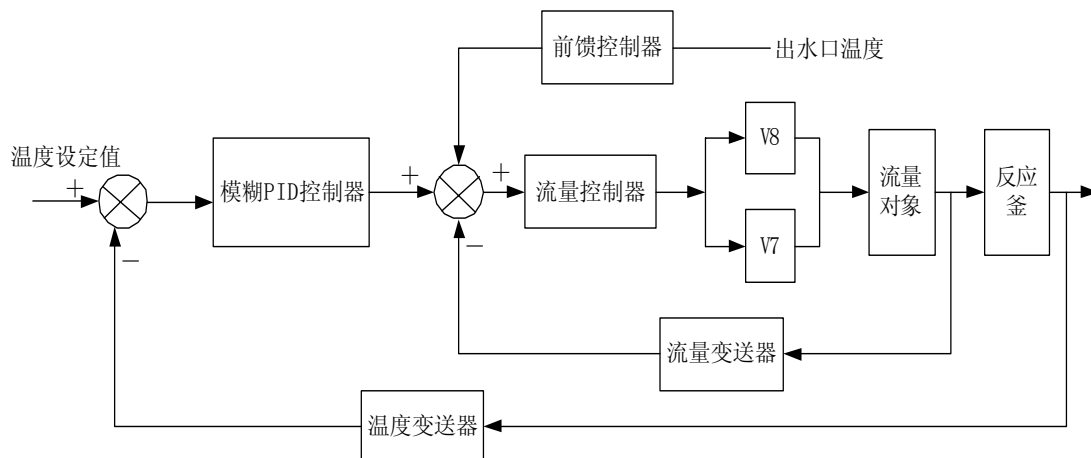


图2.2控制系统的设计原理图

第三章 系统控制策略方案的设计

3.1 开车顺序流程

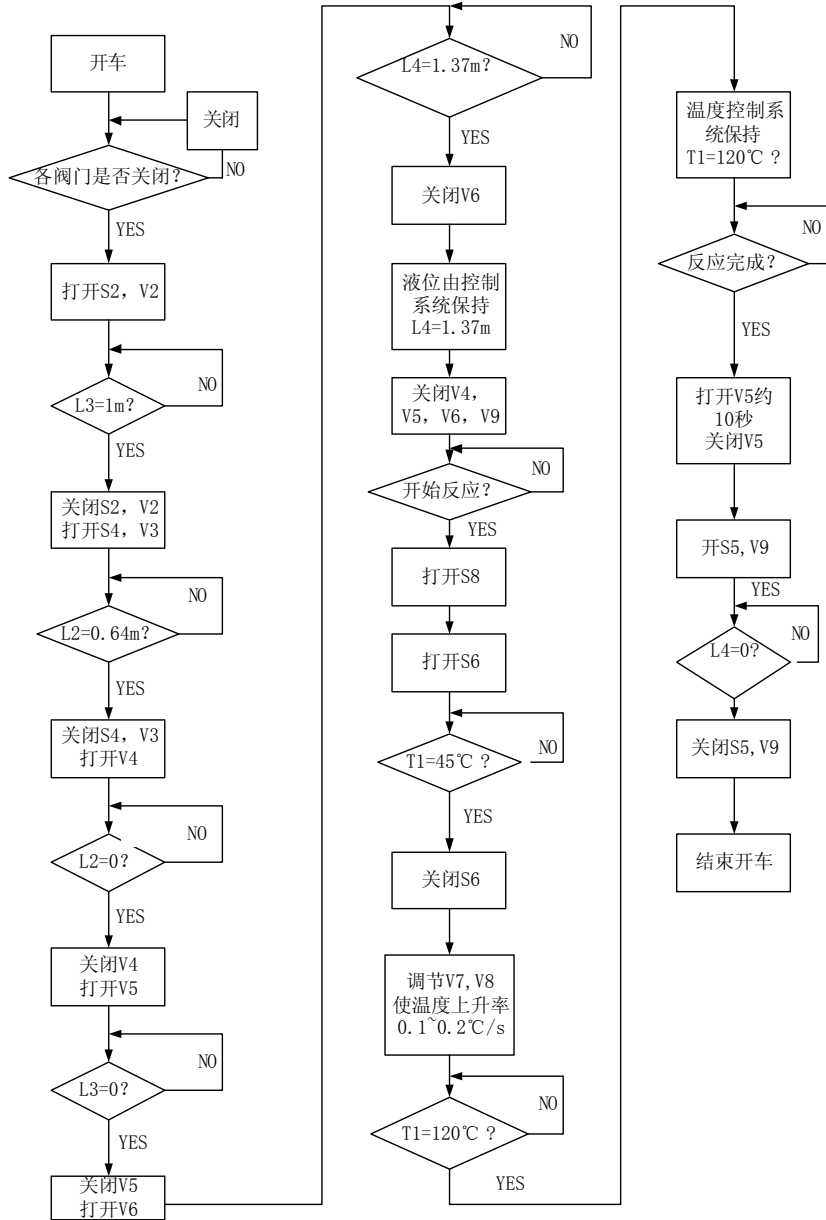


图 3.1 开车顺序流程图

开车顺序说明:

- 1) 确定各阀门是否关闭
- 2) 打开 S2,V2 送 B 物料，当 L5=1m，关闭 S2,V2。
- 3) 打开 S4,V3 送 A 物料，当 L2=0.64m，关闭 S4,V3。
- 4) 打开 V4 把 A 物料送到反应釜，关闭 V4。

- 5) 打开 V5 把 B 物料送到反应釜，关闭 V5。
- 6) 打开 V6 把 c 物料送到反应釜，关闭 V6，使液位 L4=1.37m。
- 7) 将液位控制器投自动控制。
- 6) 开S8（反应器搅拌电机开关）。使物系处于全混状态。
- 7) 开S6（热水加热阀），诱发反应。热水流入夹套，通过夹套对反应器内物料加热。用热水最高可将物系加热到45℃，当T1（反应温度）达到约40℃，关S6（热水加热阀）。
- 8) 调节V7, V8控制温度的上升速率。
- 9) 当反应釜温度达到120℃，控制系统进行保温。
- 9) 完成保温后，即可进入出料及反应釜清洗阶段。

3.2 控制系统策略设计

反应升温过程控制

3.2.1 温度—流量串级控制

串级控制系统中主、副控制器的控制规律是根据控制要求进行选择的。串级控制系统的目的是为了高精度地稳定主变量。主变量是生产工艺的主要控制指标，直接关系到产品质量。当输入是定值，主变量控制不允许有余差，所以，控制器通常选用比例积分控制规律；本控制对象为温度对象，具有滞后性，采用比例积分微分控制规律，实现主变量的无差控制。

在串级控制系统中，稳定副变量并不是目的。因此，在控制过程中，对副变量的给定值是允许有波动。副控制器采用比例控制规律，为了能够快速跟踪，最好不带积分作用，因为积分作用会使跟踪变得缓慢。副控制器的微分作用也是不需要的，因为当副控制器有微分作用时，一旦主控制器输出稍有变化，就容易引起控制阀大幅度地变化，影响系统的稳定。基于串级控制理论，结合本系统的特点，副回路采用比例控制器，主回路采用比例积分微分控制器（PID）。

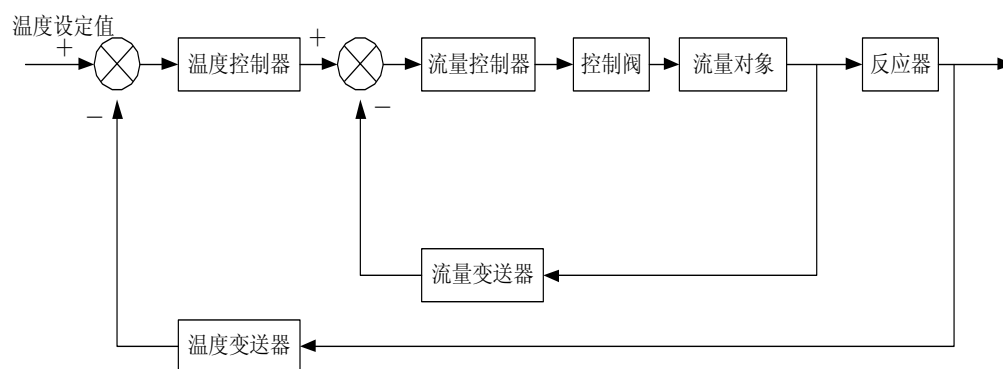


图3.2 温度-流量串级控制原理图

主、副控制器的整定方法

根据流量作为副回路，温度作为主回路，采用一步整定法整定主副控制器参数。一步整定法，就是根据经验先将副控制器一次放好，不作改动，然后按一般单回路控制系统的整定方法直接整定主控制器参数。

副变量的设立主要是为了提高主变量的控制质量，对副变量本身没有很高的要求，允许在一定范围内变化。在串级控制系统，一定范围内主、副控制器的放大倍数是可以相互匹配的，只要主、副控制器的放大倍数及 K_1 与 K_2 的乘积等于 K_p （ K_p 为主变量呈4:1衰减振荡时的控制器比例放大倍数），系统整体产生4:1衰减过程的曲线。

主回路控制器的整定方法，结合副回路的比例系数，按衰减曲线法，设计主回路PID的控制器参数。在系统闭环的情况下，将控制器积分时间 T_i 放在最大，微分时间 T_d 放在最小，然后使 K 由大往小逐渐改变，同时观察过渡过程变化情况。如果衰减比大于4:1， K 值应继续减少，当衰减比小于4:1时， K 应增大，直至过渡过程约为4:1。再按照经验公式确定积分、微分系数。

串级控制的抗干扰性

流量作为副回路，即使阀门的开度不变，流量存在一定偏差，因此流量的变动，可看作是副回路的一种扰动。在串级控制系统中，抗干扰能力比单回路控制系统要强得多，特别是当干扰作用于副环的情况下，系统的抗干扰能力会更强。因为当干扰作用于副环时，在它没影响到主变量之前，副控制器首先对干扰作用采取抑制措施，进行预调合适与否最后视主变量是否受影响判断，如果主变量还会受到影响，再由主控制器进行细调。

3.2.2 温度模糊PID控制器

主回路控制器采用模糊PID控制器。不仅结合PID控制的优点，更加入了模糊算法，模糊控制器根据温度的误差和误差的变化率，结合实际的经验数据，调整PID控制器的参数，使得整个模糊PID控制更能适应整个间歇反应过程，具有一定的自我调节功能，而且是根据实际的经验数据基础上建立的，因此，整体控制更能符合实际的需要，控制效果更能符合性能指标。设计模糊PID控制器，适应间歇反应过程反应釜系统的参数变化和工作条件的变化。

模糊PID控制器结构

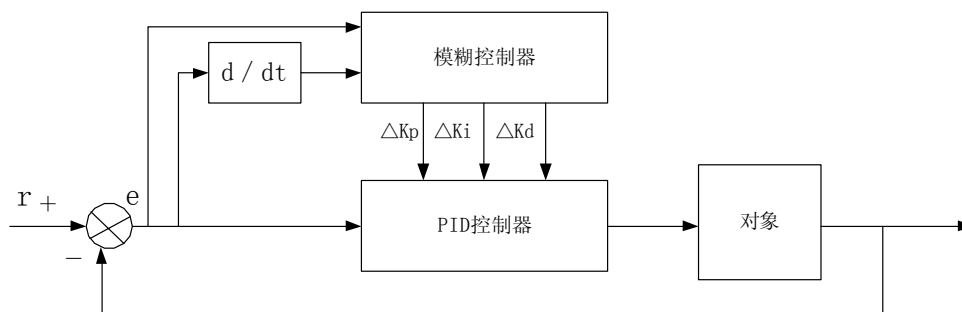


图3.3 模糊PID控制器结构图

模糊控制器的设计

模糊控制器的输入：温度误差TE与温度误差变化率TC。输出为 ΔK_p , ΔK_i , ΔK_d , 即PID控制器三个参数的增量。整个串级系统输入为温度的设定值120℃。反应升温阶段从45℃开始, 温度误差的变化范围(0℃~75℃), 选取TE的离散论域(0, 10, 20, 30, 45, 60, 75), 则TE选取七个模糊变量(Z,P,PS,PT,PU,PV,PW)。温度误差变化率TC的基本论域选为(-0.1℃~0.2℃), 选取TC的离散论域为(-0.1, -0.05, 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2), 则TC选取7个模糊变量(NM,NS,Z,P,PS,PT,PU)。 ΔK_p , ΔK_i , ΔK_d 输出量化到(-3, 3), ΔK_p , ΔK_i , $\Delta K_d = \{NB\ NM\ NS\ ZO\ PS\ PM\ PB\}$ 。隶属度函数采用三角形函数。根据控制系统的对象特性, 当温度越接近120℃时, (即误差接近0), 流量阀门的开度也接近开度最大, 因此, PID控制器的输出应该越大。同时当升温速率高于0.1℃/S, 应该逐渐使流量阀门的开度增大, 而当升温速率小于0.1℃/S, 应该逐渐使流量阀门的开度减少。综合考虑工艺的特点, 以及PID三个参数的机理关系, 初步定出PID增量的模糊规则表。

ΔK_p 模糊规则表

TE\TC	NM	NS	ZO	P	PS	PT	PU
PW	NB	NB	NB	NB	ZO	ZO	PS
PV	NB	NB	NB	NM	ZO	ZO	PS
PU	NB	NB	NM	NM	ZO	PS	PM
PT	NB	NB	NM	NS	ZO	PS	PM
PS	NB	NM	NS	NS	ZO	PS	PB
P	NM	NM	NS	NS	ZO	PM	PB
Z	NM	NM	NS	NS	ZO	PM	PB

ΔK_i 模糊规则表

TE\TC	NM	NS	ZO	P	PS	PT	PU
PW	PB	PB	PB	PB	ZO	ZO	NS
PV	PB	PB	PB	PM	ZO	ZO	NS
PU	PB	PB	PM	PM	ZO	NS	NM
PT	PB	PB	PM	PS	ZO	NS	NM
PS	PB	PM	PS	PS	ZO	NS	NB
P	PM	PM	PS	PS	ZO	NM	NB

Z	PM	PM	PS	PS	ZO	NM	NB
---	----	----	----	----	----	----	----

△Kd模糊规则表

TE\TC	NM	NS	ZO	P	PS	PT	PU
PW	ZO	PM	PM	PS	ZO	ZO	ZO
PV	ZO	PS	PS	PS	ZO	ZO	ZO
PU	ZO	PS	PS	ZO	ZO	NS	NM
PT	NM	PS	PS	NS	ZO	NS	NM
PS	NM	ZO	ZO	NS	ZO	NS	NB
P	NB	NS	NS	NS	ZO	NM	NB
Z	NB	NS	NS	NS	ZO	NM	NB

表3.1 △Kp, △Ki, △Kd模糊规则表

△Kp, △Ki, △Kd作为基本PID参数的增量, 调整PID的输出, 更能适应间歇反应过程反应釜系统的参数变化和工作条件的变化, 整体控制更能符合实际的需要。

3.2.3 流量分程控制

分程控制系统中, 用一个控制器同时控制夹套冷却水阀门V8和蛇管冷却水阀门V7。先使用V8进行冷却, 再使用信号重叠方法, 同时打开V8和V7进行冷却。设计夹套冷却水阀门V8在45℃—95℃信号范围内作全行程动作, 蛇管冷却水阀门V7在95℃—120℃信号范围内作全行程动作。当温度在95℃—120℃信号范围内变化时, 控制阀V8因已移动到极限位置开度不再变化, 控制阀V7的开度却随着信号大小的变化而变化。

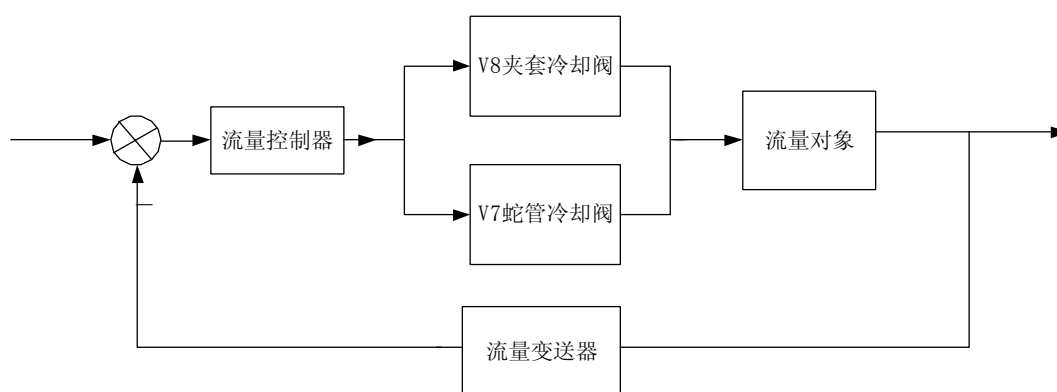


图3.4 流量分程控制原理图

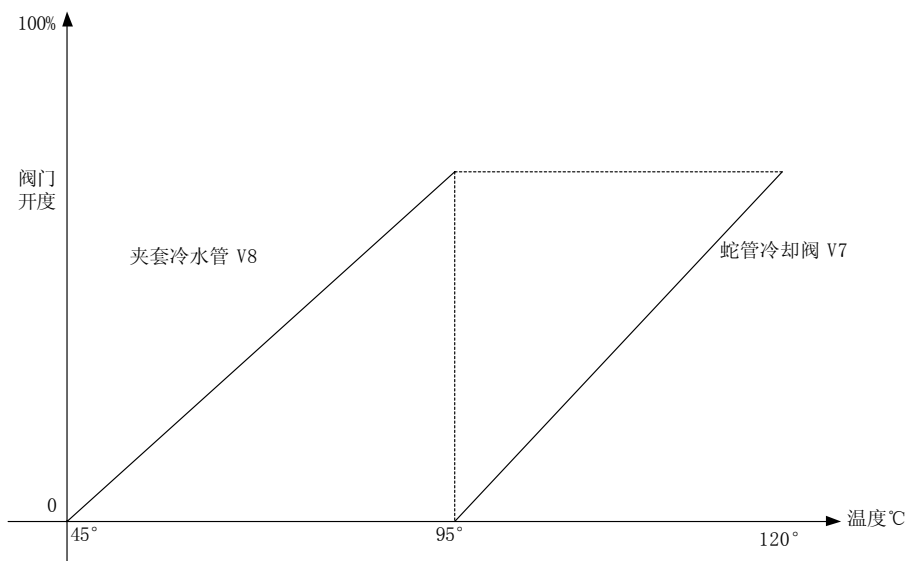


图3.5 分程控制阀门开度信号图

3.2.4 出水口温度前馈控制

冷却水出水口温度要求：夹套冷却水出口温度和蛇管冷却水出口温度不得低于60℃。首先，判断出水口的温度是否小于60℃，再把出水口的温度与60℃的差作为流量的前馈补偿输入，通过前馈控制，调节流量的大小，保证出水口温度。由于出水口温度要求不是很精确，使用比例控制作为前馈补偿控制器，便能快速进行调节。前馈控制属于一种开环控制，它能迅速对流量进行控制，而反应器的温度控制具有时延性，在影响反应器温度前，已经通过对流量的微调，改变冷却水出水口的温度。当出水口温度大于60℃时，不需要加入前馈控制。

3.2.5 整体升温控制策略方案设计

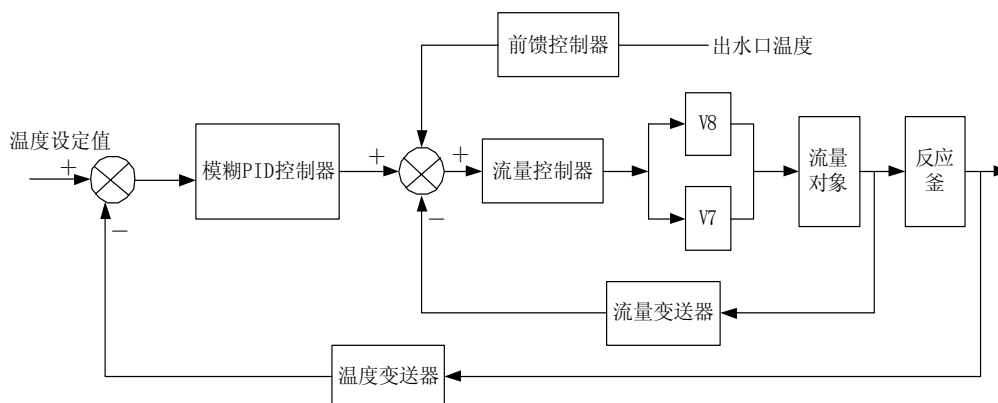


图3.6 整体升温控制过程策略方案设计图

反应保温过程控制

当温度达到120℃，由软件切换到保温控制过程。通过控制流量阀门V7,V8

对反应器温度进行控制。采用温度—流量串级PID控制，把温度控制在120℃。其中流量回路控制仍采用分程控制。与升温过程不同，主回路和副回路的控制器参数不同，而且分程控制信号段的分区值也改变。反应温度如果高于128℃，系统就会进入报警系统，因此，保温过程的总体超调量不能过高，最好保持无超调地稳定在120℃。在调整控制器参数时必须注意控制超调量的过程性能指标。

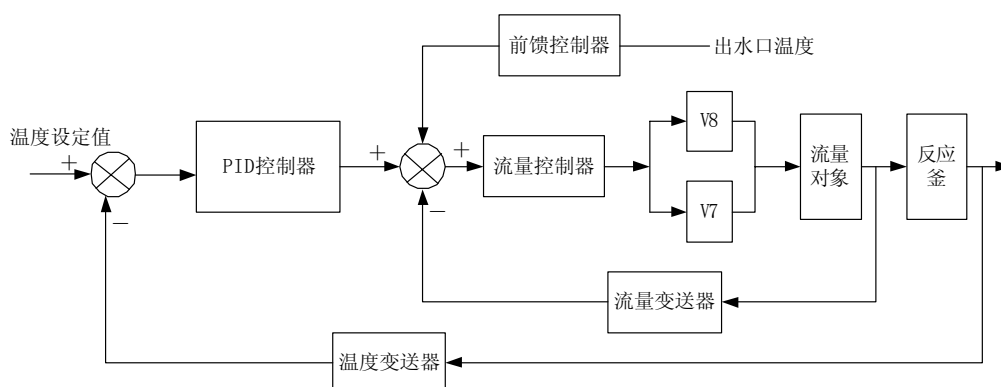


图3.7 保温过程控制策略方案设计

第四章 控制系统的硬件设计

4.1 系统主要硬件设计

系统硬件配置主要部件及参数表

符号	名称	规格型号	单位	数量
PS	电源模块	PS307, 10A, DC24V	块	1
CPU	模块	CPU313C-2DP	块	1
CP	通讯处理器	CP343-1	块	1
MMC	存储器卡	2MB, E ² PROM	块	1
AI	模拟量输入模块	SM331, 8 通道, 16 位	块	2
AO	模拟量输出模块	SM332, 8 通道, 16 位	块	2
ET200M	分布式 I/O	ET200M	块	1
HMI	监视设备	OP277 6	块	1

表4.1 系统硬件配置主要部件及参数表

控制系统模块的主要组成如下：

(1) PLC 的中央处理单元模块

采用西门子S7-300 系列的313C-2DP。S7-300 是中低端的PLC 应用，适合中小型项目及OEM。

S7-300 是西门子系列中销售额最高的PLC，已经成功地应用于范围广泛的自动化领域。

313C-2DP带集成数字量输入/ 输出，带有与过程相关的功能，可以完成具有特殊功能的任务，可以连接单独的I/O 设备，它还集成了PROFIBUS-DP 接口，通过DP 可以组建更大范围的分布式自动化结构。

(2) 通讯模块

CP 343-1通讯处理器是用于SIMATIC S7-300通讯处理器。分担CPU的通讯任务并允许其它连接。

S7-300通过CP 343-1可与编程器、计算机、人机界面装置，其他SIMATIC S7系统以及SIMATIC S5可编程序制器进行通讯：

CP 343-1通讯处理器安装在S7-300的DIN标准导轨上，可也可在扩展机架上安装，通过总线连接器与相邻模块相连接，没有插槽规则。

15针D形插座用于连接工业以太网；4针端子排用于连接外部24伏直流电源；RJ45插座用于进行工业以太网的快速连接。

CP 343-1在工业以太网上独立处理数据通信。该模块有其自身的处理器。使

用ISO传输协议, TCP传输协议, UDP传输协议。并以多重协议方式实现PG / OP通讯, S5兼容通讯等通讯服务。通过ISO传输连接的数据通讯接口最多可传输8千字节的数据。

(3) I/O 模块

系统中的常规输入输出模块都可以带电插拔, 主要I/O 模块包括:

- ①采用SM331 类型8 通道*16等。
- ②采用SM332 类型8 通道*16 位的模拟量输入模块, 用于采集设备温度信号、流量信号、压力信号、液位信号位的模拟量输出模块, 输出模拟信号用于控制阀门状态。313C-2DP带集成数字量输入/ 输出, 带有与过程相关的功能, 可以完成具有特殊功能的任务, 可以连接单独的I/O 设备, 它还集成了PROFIBUS-DP 接口, 通过DP 可以组建更大范围的分布式自动化结构。

CP 343-1通讯处理器是用于SIMATIC S7-300通讯处理器。分担CPU的通讯任务并允许其它连接。

S7-300通过CP 343-1可与编程器、计算机、人机界面装置, 其他SIMATIC S7系统以及SIMATIC S5可编程序制器进行通讯。

ET 200M分布式I/O站主要由以下几部分组成:

- 1、 DIN安装导轨
- 2、 BM总线模板
- 3、 IM153通讯接口模块
- 4、 高可靠的I/O信号接口模块

由于ET 200M分布式I/O站的IM153通讯接口模块或SM系列I/O信号接口模块都安装在一个配有有源总线模板的机架上, 有源总线模板具有“插入/取出”特性, 使得ET200M分布式I/O站的每个模块能够在系统运行过程中带电插拔更换。

4.2 硬件系统I/O表

序号	位号	单位	数据源	数据点备注	数据类型
1	LI-02	mm	L2	A 物料计量罐液位	AI
2	LI-03	mm	L3	B 物料计量罐液位	AI
3	LI-04	mm	L4	反应器液位	AI
4	FI-02	t/h	F2	B 物料上料流量	AI
5	FI-03	t/h	F3	A 物料上料流量	AI
6	FI-04	t/h	F4	A 物料下料流量	AI

7	FI-05	t/h	F5	B 物料下料流量	AI
8	FI-06	t/h	F6	C 物料下料流量	AI
9	FI-07	t/h	F7	反应器蛇管冷却水入口流量	AI
10	FI-08	t/h	F8	反应器夹套冷却水入口流量	AI
11	FI-09	t/h	F9	反应物出口流量	AI
12	TI-01	℃	T1	反应温度	AI
13	PI-07	MPa	P7	反应压力	AI
14	V-02	%	V2	B 物料上料阀	AO
15	V-03	%	V3	A 物料上料阀	AO
16	V-04	%	V4	A 物料下料阀	AO
17	V-05	%	V5	B 物料下料阀	AO
18	V-06	%	V6	C 物料下料阀	AO
19	V-07	%	V7	反应器蛇管冷却水入口阀	AO
20	V-08	%	V8	反应器夹套冷却水入口阀	AO
21	V-09	%	V9	反应物出料阀	AO
22	V-10	%	V10	高压水入口阀	AO
23		%	S2	B 物料上料泵开关	DO
24		%	S4	A 物料上料泵开关	DO
25		%	S5	反应物出口泵开关	DO
26		%	S6	反应器夹套加热蒸汽阀（开关阀）	DO
27		%	S8	反应器搅拌电机开关	DO
28				启动开关	DI
29				停止开关	DI
30				急停开关	DI
31				报警信号	DO
32				备用	DI
33				备用	DI

表 4.2 硬件系统 I/O 表

4.3 硬件器件的选取

控制线路设计部分主要分为：电机启动部分，PLC 电源连接部分，数字输出部分，模拟输入部分，模拟输出部分。

1. 电机启动部分：电机启动部分主要用 Y— Δ 启动，用时间继电器实现 Y— Δ 切换。电机的启动和停止分为手动和 PLC 控制。
2. PLC 电源连接部分：实现 PLC 于扩展模块之间的电源连接。
3. 数字输出部分：输出的是电机的启动 / 停止信号，送料开关 S2,S4,S5 及蒸汽阀门 S6 的开关信号。
4. 模拟输入部分：把流量计，温度变送器，压力变送器 送来的模拟信号输入给 PLC 的模拟输入扩展模块。
5. 模拟输出部分：由 PLC 的模拟输出模块提供 4~20mA 的电流信号给个阀门使用（S6 除外）。阀门的选取。

符号	功能描述	型号
S6	反应器夹套加热蒸汽阀（开关阀）	恒星 金属硬密封蝶阀
S8	反应器搅拌电机开关	3BT42
V2	B 物料上料阀公称直径 Dg40mm 8.1t/h	VVG41.40
V3	A 物料上料阀公称直径 Dg40mm 9.72t/h	VVG41.40
V4	A 物料下料阀公称直径 Dg40mm 9.05t/h	VVG41.40
V5	B 物料下料阀公称直径 Dg40mm 8.68t/h	VVG41.40
V6	C 物料下料阀 42.77t/h	VVF61.65
V7	反应器蛇管冷却水入口阀直 Dg50mm 42.84t/h	VVF61.50
V8	反应器夹套冷却水入口阀 Dg65mm	VVF61.65
V9	反应物出料阀 Dg70mm	VVF61.70
V10	高压水入口阀	VVF61
F2	B 物料上料流量计 最大 8.1t/h	SITRANS F VA 250
F3	A 物料上料流量计 最大 9.72t/h	SITRANS F VA 250
F4	A 物料下料流量计 最大	SITRANS F VA 250

	9.05t/h		
F5	B 物料下料流量计 8.68t/h	最 大	SITRANS F VA 250
F6	C 物料下料流量计 42.77t/h	最 大	SITRANS F VA 250
F7	反应器蛇管冷却水入口流量 计 42.84t/h	最 大	SITRANS F VA 250
F8	反应器夹套冷却水入口流量 计 72.84t/h	最 大	SITRANS F VA 250
F9	反应物出口流量计 46.44t/h	最 大	SITRANS F VA 250
KMY	星型启动接触器		3BT42
KM^	三角型启动接触器		3BT42
KAs	电机停止继电器		3TH40 001 – 1XB4
KAst	电机启动继电器		3TH40 001 – 1XB4
KAs2	B 物料上料泵开关		3TH40 001 – 1XB4
KAs4	A 物料上料泵开关		3TH40 001 – 1XB4
KAs5	反应物出口泵开关		3TH40 001 – 1XB4
KAs6	反应器夹套加热蒸汽阀（开关阀）		3TH40 001 – 1XB4
L2	A 物料计量罐液位计		YH25-242SF
L3	B 物料计量罐液位计		YH25-242SF
L4	反应器液位 计		YH25-242SF
T1	反应温度计		SITRANS TK—L
P7	反应压力计		QBE2000—P40
FR1	过载继电器		3UA58
FU1	电机熔断丝保护		3NW6207-1
FU2	熔断丝		RM10-15
SB1	电机停止按键 （红色）		SIRIUS 3SB3 758-0AA21

SB2	电机开始按键 (绿色)	SIRIUS 3SB3 758-0AA41
QK2	Plc 电源开关 (蘑菇型)	SIRIUS 3SB3 400 -1EA21
KT	时间继电器	CDJS2Y

表4.3 硬件器件的型号

阀门选择原则:

(1) 从生产安全出发即当气源供气中断, 或控制器出故障而无输出, 或控制阀膜片破裂而漏气等而使控制阀无法正常工作, 以致阀芯回复到无能源的初始状态 (气开阀回复到全闭, 气闭阀回复到全开), 应能确保生产工艺设备的安全, 不致发生事故。

(2) 从保证产品质量出发 当发生控制阀处于无能源状态而回复到初始位置时, 不应降低产品的质量。

(3) 从降低原料、产品、动力损耗来考虑 如控制进料的控制阀就常采用气开式, 一旦控制阀失去能源, 控制阀即处于关闭状态, 不再进料, 以免造成浪费。

(4) 从介质的特点考虑 加热蒸汽控制阀一般都选用气开式, 以保证在控制阀失去能源时能处于全闭状态, 避免蒸汽的浪费。根据以上的原则, 进料阀A、B、C: 一旦控制阀失去能源, 控制阀即处于关闭状态, 不再进料, 以免造成浪费, 应选择进料阀A、B、C 为气开式。冷却水阀: 从保护反应釜的安全考虑, 以防釜内温度过高而导致反应釜爆炸, 控制阀应选择气闭式。反应器出口阀: 为防止不合格产品的输出, 保证反应釜产品的质量, 反应器出口阀应选择气闭式。

第五章 报警系统

反应压力的改变实质上是温度变化的前奏，而压力的变化及其测量变送都要比温度的变化和测量快，反应压力作为安全报警，不仅可以作为对反应器安全的判断指标，而且它的测量变送快的特点，使得采取安全措施的时间留有一定的裕度。因此，把反应压力作为报警系统，当压力超过0.8 Mpa，或温度超过128℃时，便会启动报警系统，采取一系列保护措施。通过PLC完成保护工作。

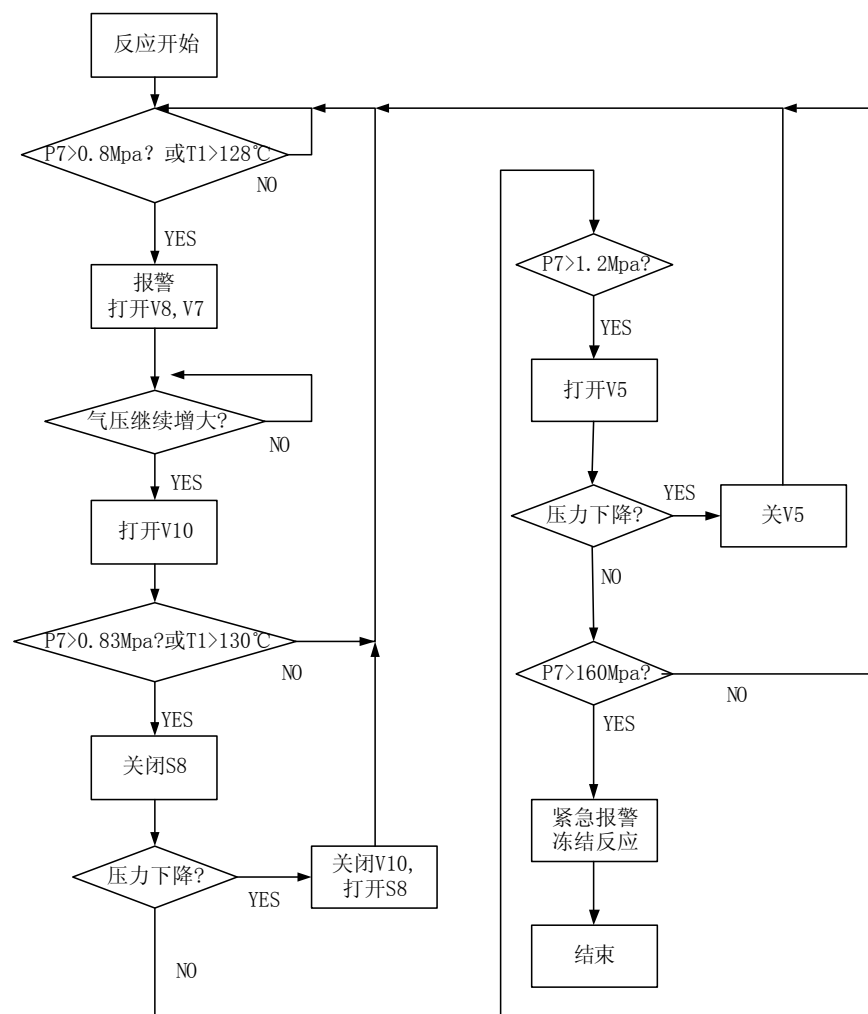


图5.1 报警流程图

报警系统：

1. 物料在反应釜温度为121℃（或压力维持在0.69Mpa左右）下反应。但压力维过高，一旦超过0.8Mpa（反应温度超过128℃），将会报警。

2. 如果反应釜压力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。

3. 如果开启高压水泵后仍无法压制反应，当压力继续上升至0.83Mpa（反应温度超过130℃）以上时，应立刻关闭反应釜搅拌电机开关S8。此时物料会因

密度不同而分层，反应速度会减缓，如果强制冷却及停止搅拌奏效，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。

4. 如果还控制不住反应压力，当压力超过 1.20Mpa 已属危险超压状态，此时应迅速打开放空阀 V5（代替），强行泄放反应釜压力。由于打开放空阀会使部分 A 物料蒸汽散失（当然也污染大气），所以压力一旦有所下降，应立即关闭 V5，若关闭 V5 压力仍上升，可反复数次。

5. 如果上述应急措施都不能见效，反应器压力超过 1.60Mpa，此时紧急事故报警闪光，反应处于冻结状态。

第六章 监控软件设计

监控软件设计：

监视软件可设计出8种类型的界面：主画面、工序画面、参数管理画面、工艺参数设定画面。所有监控画面共同组成了连续反应釜的监视界面部分，其结构联动图如图6.1。

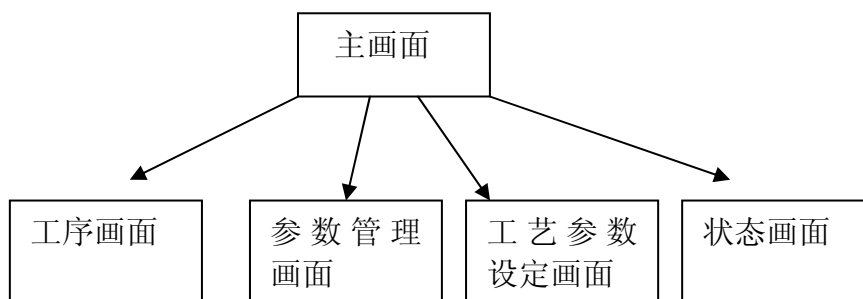
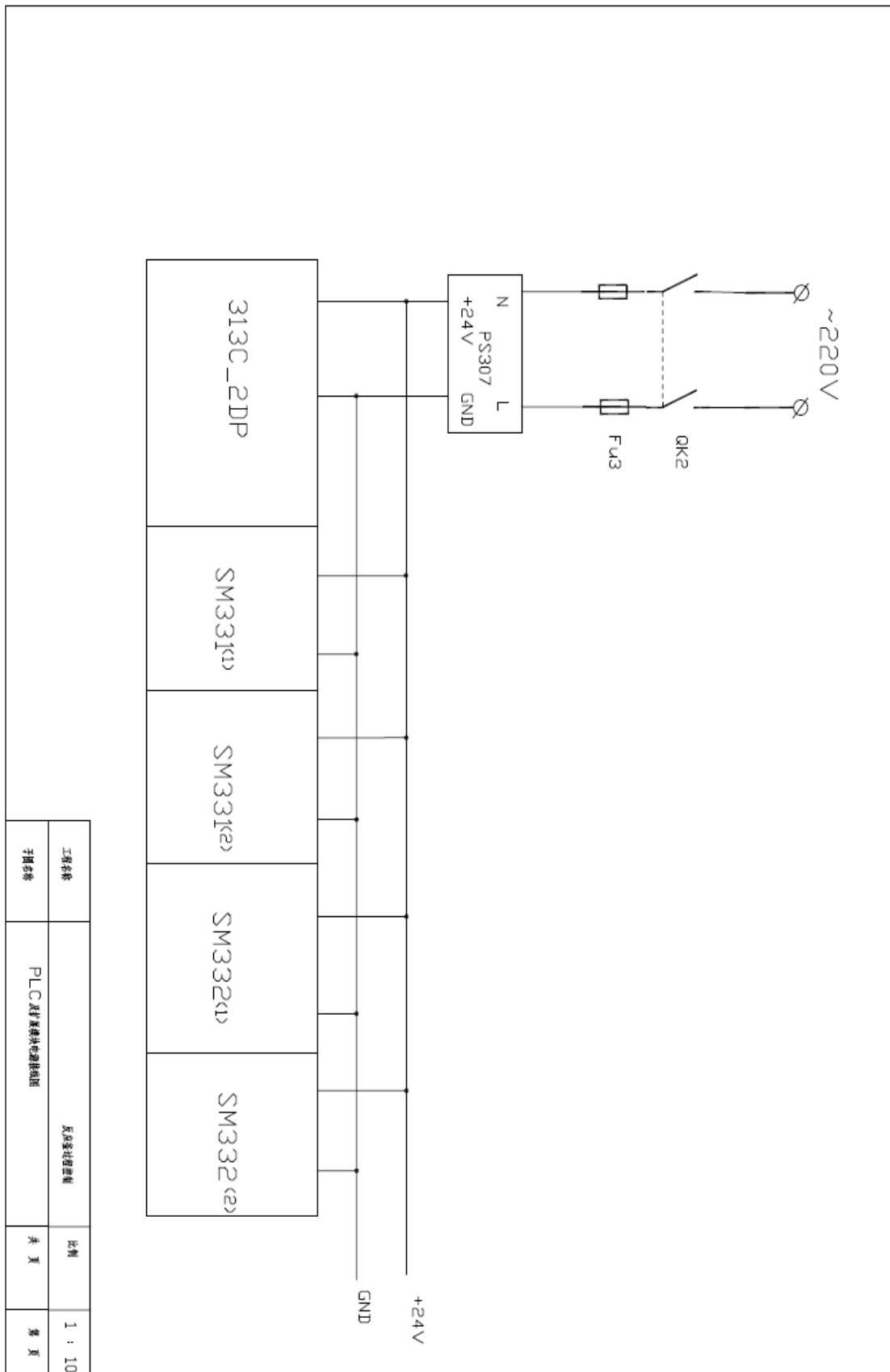


图6.1 监控软件界面设计

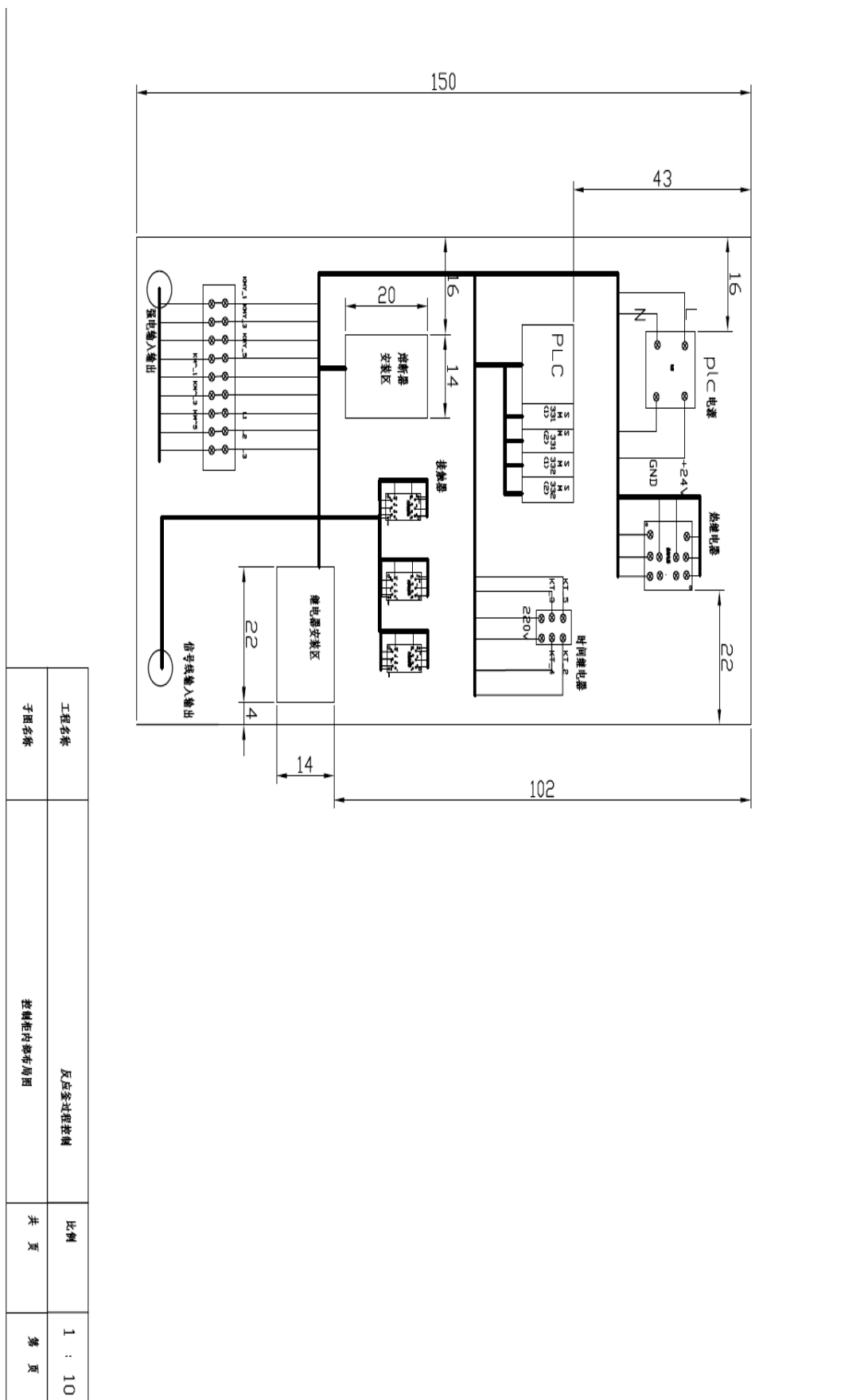
- 1) 主画面：软件启动时首先进入的画面。画面显示反应釜的整体布局图，在主画面上分布系统的关键操作按钮，可点击进入流，工序画面、状态画面和报警画面等重要画面。
- 2) 状态画面：状态画面包括：设备状态和报警指示。设备状态便于操作员观察运行前系统设备的准备情况。每个设备都对应相应的信号指示灯，在系统运行时，准备画面中各信号灯都应依次点亮，表征系统设备状态正常。报警指示，可以同时显示所有设备和参数的故障报警信息。显示的故障报警信息可选择，单击不同的设备按钮，就显示对应设备的报警信息。在任何画面都可以启动报警查询，通讯正常情况下对于实时故障信号，自动弹出实时报警窗口。对于重点监视的压力方面设置两个压力报警灯，当压力到达高限时黄色报警灯闪烁，到达高高限时红色报警灯闪烁。
- 3) 工序画面：显示反应釜的工作过程，形象地显示设备的启动、运行状态、仪表读数，停止操作等情况，需要时可由管理员输入文字设定操作数据。画面设置2个按钮：启动按钮和紧急。
- 4) 参数管理画面：显示控制系统运行的工艺参数和仪表读数。
- 5) 工艺参数设定画面：设定反应釜的工艺参数。这个功能可以使更改工艺参数更加灵活方便，可以根据运行的实际效果输入最佳的工艺参数。

附件：

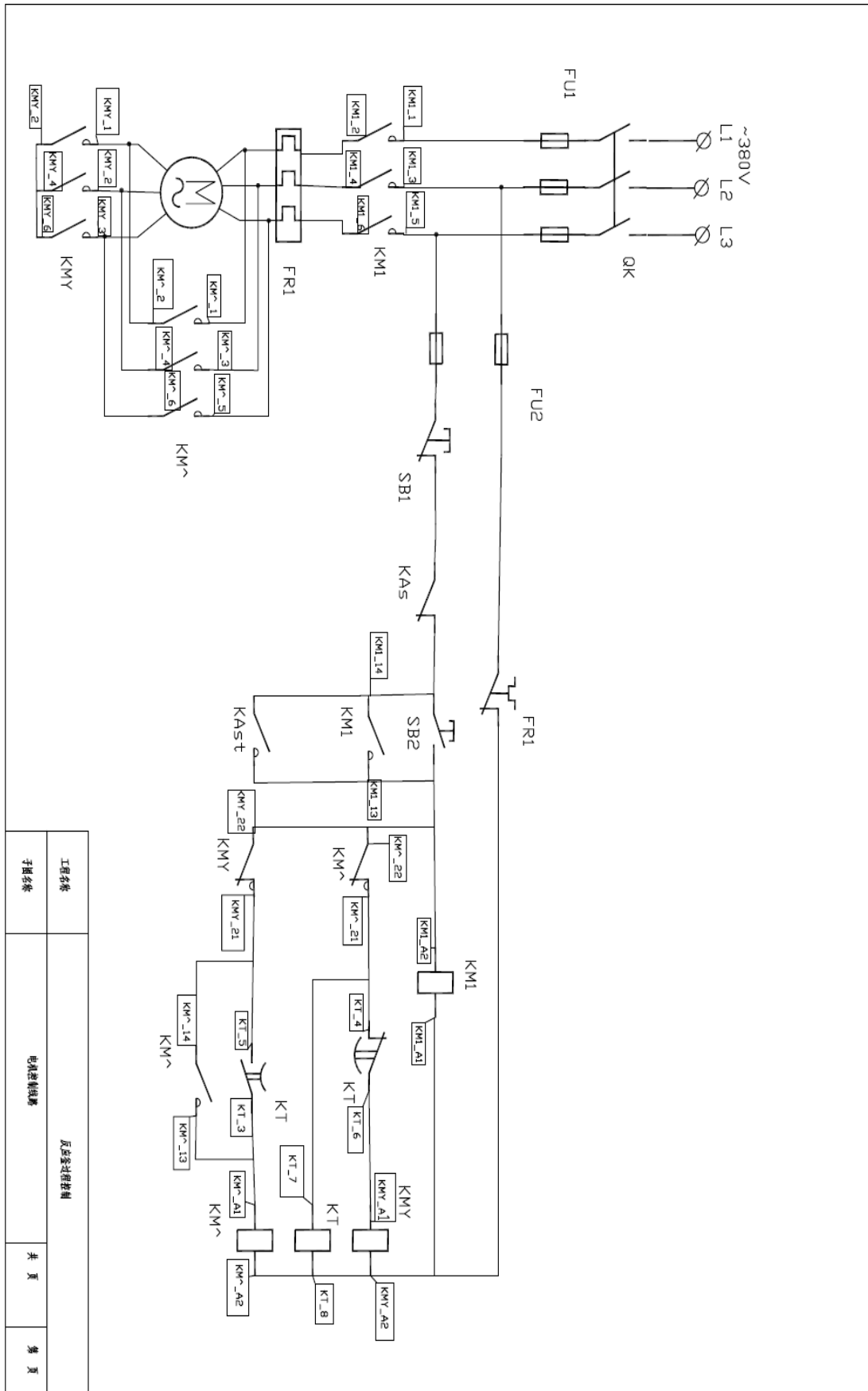
1. PLC电源



2. 控制柜布局图

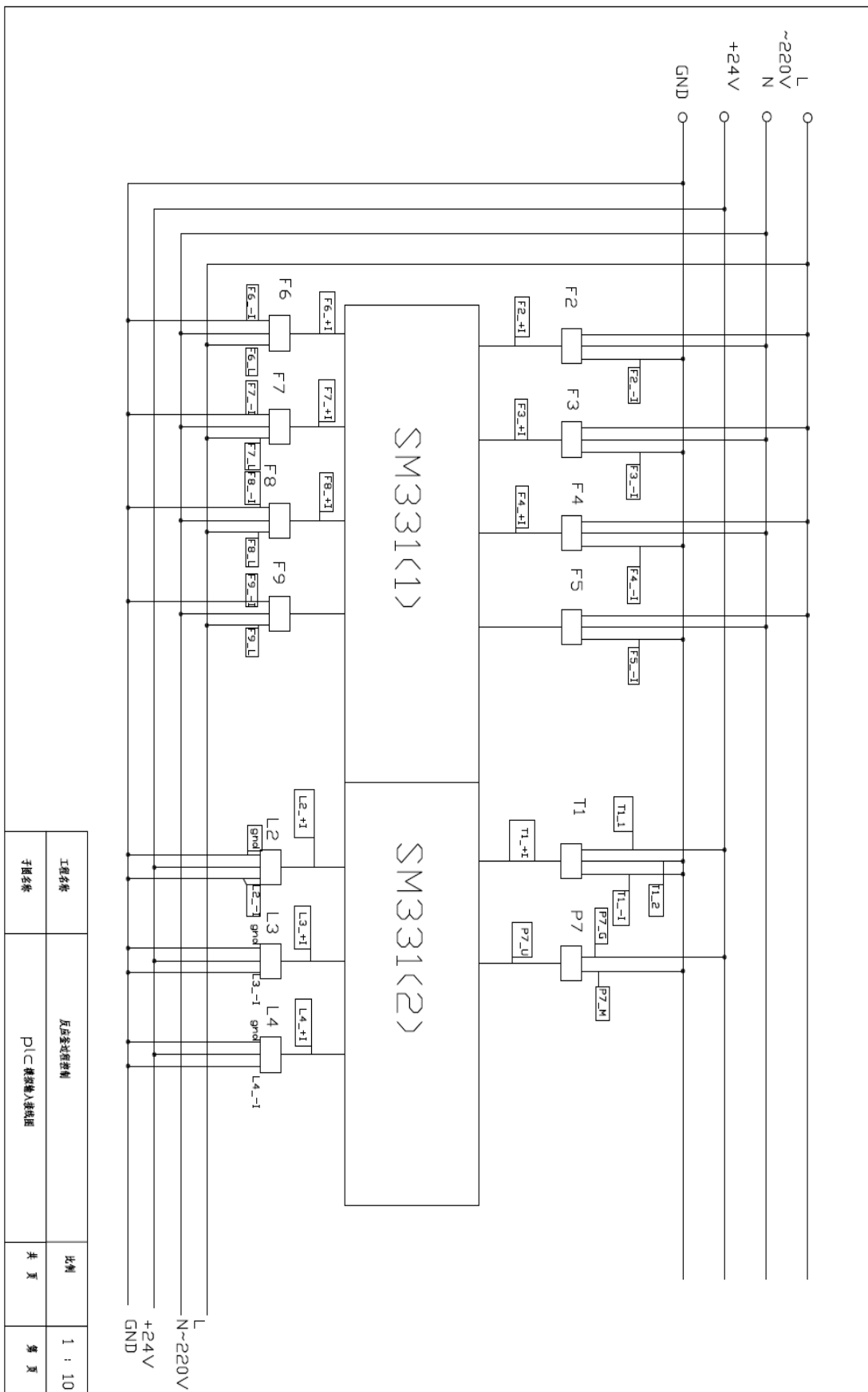


3. 电机驱动

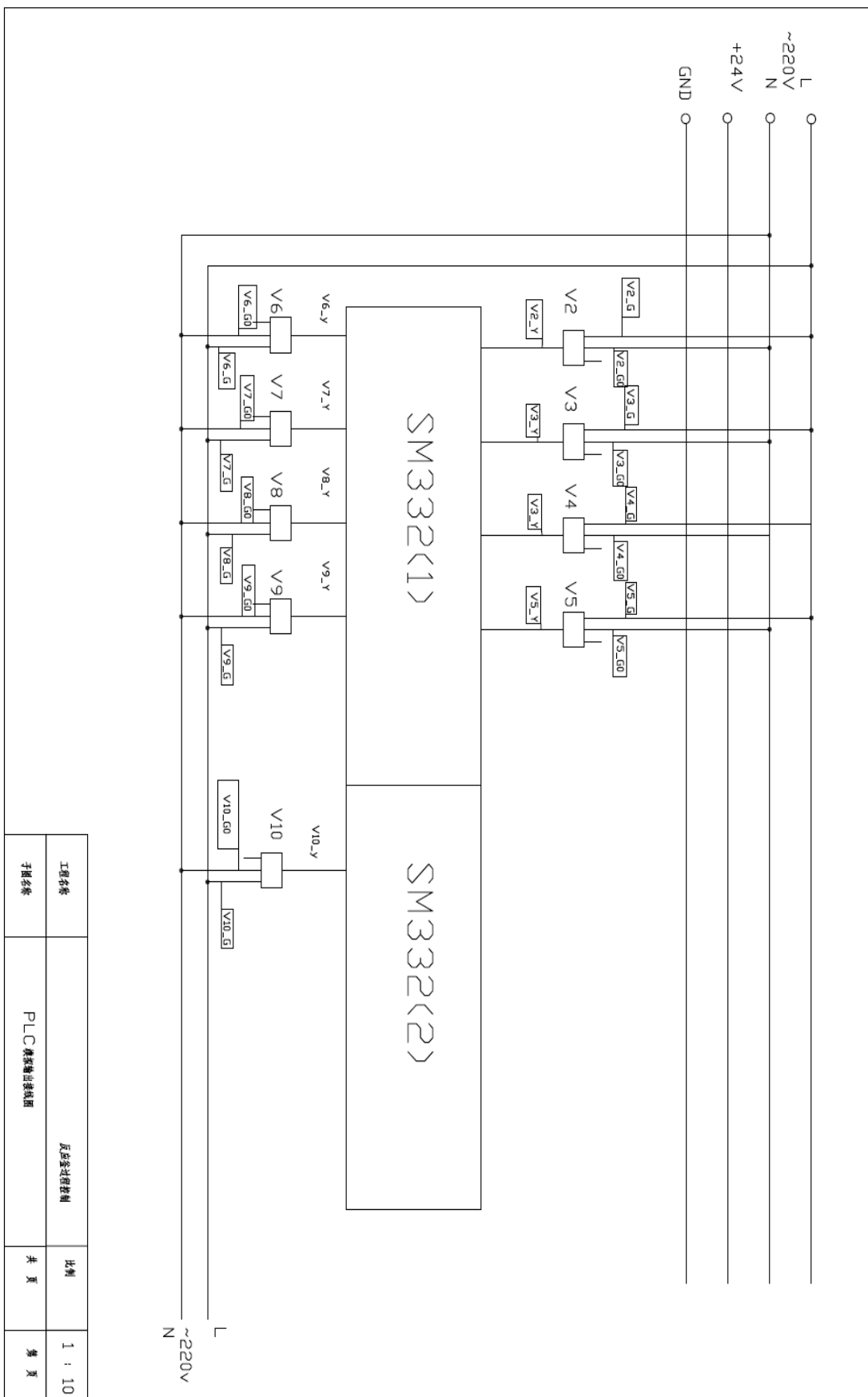


工程名称	电动机控制
子图名称	电动机控制
共 页	第 页

4. 模拟输入

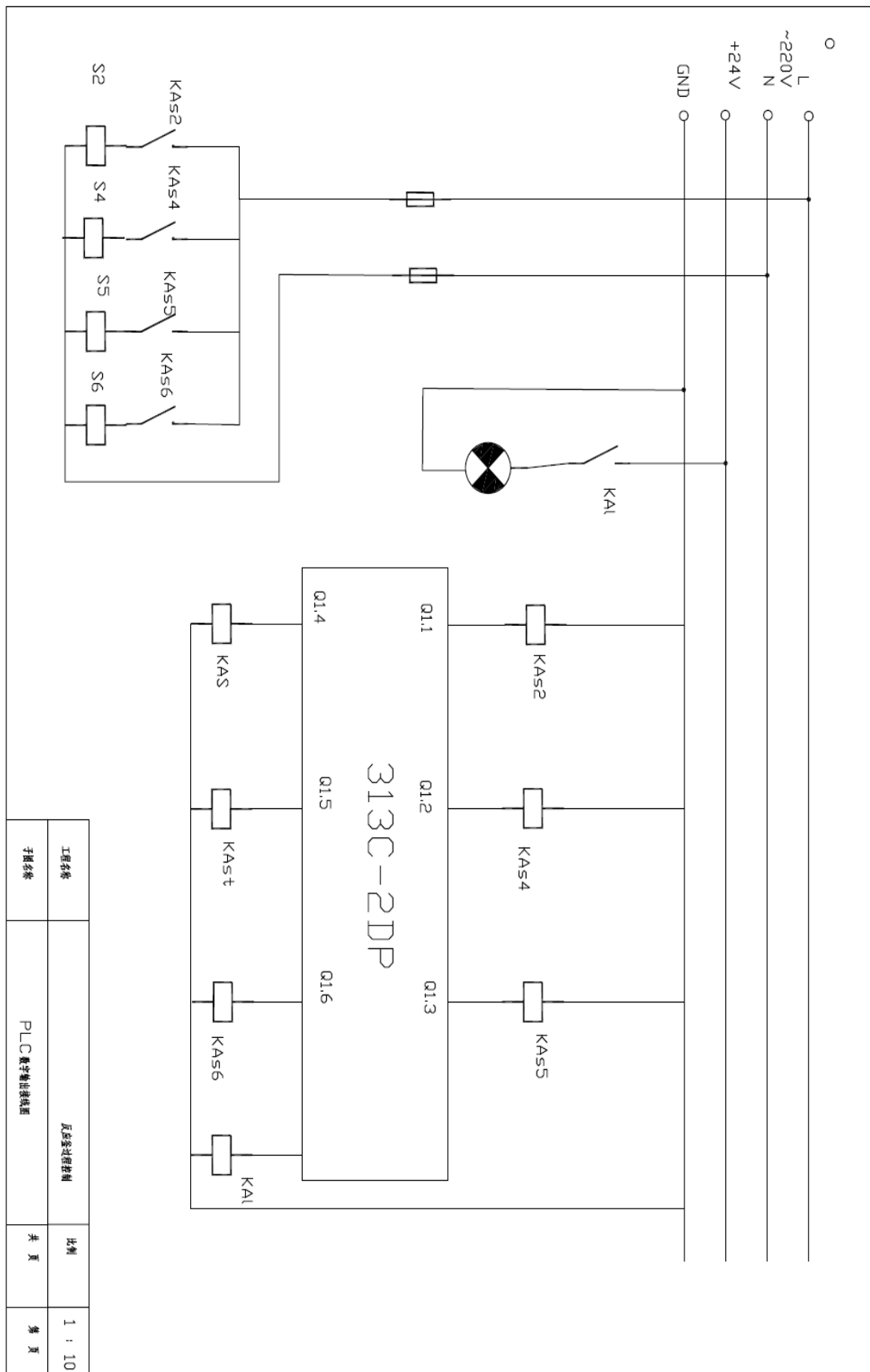


5. 模拟输出

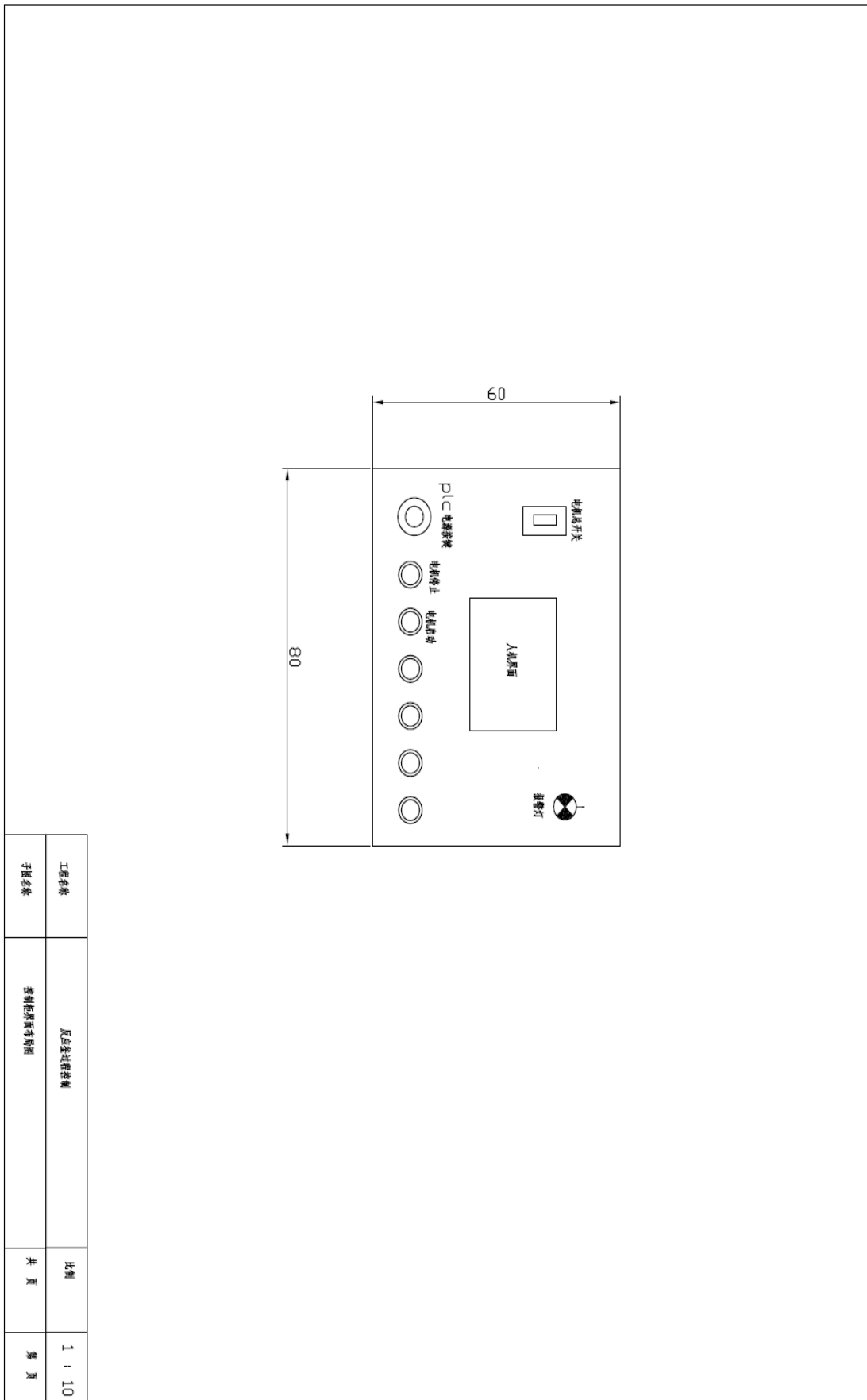


工程名称	PLC模拟量接线图	版本号/过程控制	比例	1 : 10
子图名称			共 页	第 页

6. 数字输出



7. 人机界面



工程名称	反斗卷门控制柜	比例	1 : 10
子图名称	控制柜原理布局图	米	第 10 页

8. 各器件的选型及其基本参数

阀门：VVG41：

外螺纹连接二通阀，耐压等级 PN16

流量： $k_{VS} 0.63 \cdots 40 \text{ m}^3/\text{h}$

阀体：青铜 Rg5

公称直径：DN15 \cdots DN50 mm ($\frac{1}{2}$ " \cdots 2")

阀杆行程：20 mm

工作温度范围 (-25 ... +130 °C)

可与SQX...，SKD... 和 SKB... 执行器配合安装

阀门：VVF61：

法兰连接

公称直径：DN25 \sim DN150

DN15 \sim D50标准行程 20mm

DN65 \sim D150标准行程 40mm

流量：0.19 \sim 300 m^3/h

工作温度范围 (-25 ... +220 °C)

可与SQX...，SKD... 和 SKB... 执行器配合安装

执行机构：SQX32

工作电压 AC 220V

电压控制输入：0 \sim 10V

电流控制输入：4 \sim 20mA

阀(S6)：恒星 金属硬密封蝶阀

阀门公称直径Dg为50

公称压力4.0Mpa

适用温度-50 \sim 600°C

传动方式为手动

采用法兰安装

采用的电气转换器均为QZD1000i型电气转换器

相关参数为：

输入信号：4 \sim 20mA

输出压力：0.02 \sim 0.1MPa

气源压力：0.14MPa

输入阻抗：300 $\Omega \pm 10 \Omega$

环境温度：-25~+55℃
基本误差：≤±1%
回差：≤1%
死区：小于基本误差限绝对值的1/5
耗气量：小于1000L/h

Pt100 温度传感器

测量范围：Pt100：-200~200℃
允差：Pt100：B级：±(0.30+0.005|t|)
注：t 为实测温度值
环境温度：-40~+85℃
工作压力：-0.1~1.6MPa
电气接口：M20×1.5
防爆标志：隔爆型：ExdIICT1~T6
本安型：ExiaIICT1~T6
防护等级：IP65
插入深度：150~5000mm
保护管直径：φ16
保护管材质：不锈钢外衬PTFE

温度变送器： SITRANS TK—L

传感器类型：pt100 (DINIEC 751)
输出信号 4~20mA，二线
电源 DC 8~35V(8~28V，对Ex)
负量程/超量程限值 3.5/23mA(可编程)
滤波时间 0~30 秒
保护 反极性
分辨率 12 位
精度 <0.1%量程
电源影响 <0.01%量程/V
温度漂移 典型性 0.003%/℃(最大0.01%/℃)
测量范围:-200~850℃

流量计：

西门子 SITRANS F VA 250
流量量程：0.008 ~ 630 m³/h
输出信号为：4~20 mA电流信号

液体温度：-20℃~+300℃

精度为值数的2%

两线制信号传

压力传感器：QBE2000—P40

应用：过程压力，液位

量程：0~40Bar（0~4Mpa）

输出：0~10V

工作电压：DC16~33v

反应釜液位计：（YH25-242SF 钢丝液位计）铁岭仪器

工作压力范围：0.6~16MPA

指示精度：+-3mm

测量范围：300 ~ 2500mm，腐蚀性液体使用

指示方式 单表针

环境温度：-20~80℃

介质温度：0℃~420℃

介质密度：≥0.45 /

主体材质：1Cr18Ni9Ti 1Cr18Ni9Ti 外套PTEE PVC、PP、PE

触点容量：220V,1A

电压范围：0.5V~220V

工作寿命：>10⁵次

测量精度：±10mm

动作误差: 3mm

释放误差: 8mm

电线接口：M20×1.5(内螺纹)

防爆标志：DIIIBT6

测量精度：±8mm

输出信号：4~20mA 标准电流信号

远传距离：3km

电源电压：24VDC

YH25 钢丝液位计是一种用途广泛的液位测量、控制仪表，测量范围可达6 米，它适用于敞口或带压容器

电气元件:

接触器： 3BT42

额定电压:380V

额定电流: 16A

可控电机功率: 7.5 KW

辅助触头:

额定电压:220V

额定电流: 10A

过载继电器: 3UA58

额定电流: 16~88A

额定电压: AC 380V

电机熔断器: 3NW6207-1

额定电压: 380V

额定电流: 20A

熔断器: RM10-15

额定电压: 220V

额定电流: 15A

时间继电器 :CDJS2Y

工作方式: 星三角转换一组

时间规格: 10s , 30s , 60s , 120s , 180s

额定电压: 220V

中间继电器: 3TH40 001 – 1XB4

绝缘电压: 690V

机械寿命: 30000000

操作频率: 3600

线圈电压: DC 24V

约定发热电流: 16A