

课程设计名称：步进式加热炉系统控制

目录

一、实验任务

二、实验要求

三、步进式加热炉简介

四、过程控制中仪表的选择

五、步进式加热炉控制方案

1、煤气/空气流量控制方案

2、炉温控制方案

3、炉压控制方案

六、加热炉控制系统的硬件设计

七、加热炉控制系统的 **PLC** 软件设计

八、实验感受

附录 1（**PLC** 梯形图）

附录 2（力控监控组态软件）

我的任务：

综合步进式加热炉的炉温、炉压控制系统的控制方案，以及 PLC 的编程和力控监控组态界面的设计。

正文

一、实验任务

以钢铁企业常见的“步进梁式加热炉”为对象，采用 PLC 为控制系统硬件，围绕工艺要求，完成控制系统方案设计。

二、实验要求

(1) 通过查阅文献，了解步进式加热炉工艺流程。

(2) 了解对步进式加热炉的炉温控制、煤气/空气流量控制、炉压控制等功能，完成控制方案设计。

(3) 了解常见的 PLC 系统的功能、系统软件及应用，完成加热炉自动控制系统架构设计、硬件选择设计及组态画面设计。

三、步进式加热炉简介

1、步进式加热炉概述

加热炉作为轧钢生产线上的主要能耗设备，其出炉钢坯的温度是钢铁生产工艺的首要指标，温度控制的好坏直接影响到下层产品的质量，并逐步影响到钢材的质量，还有可能会影响到生产线的其他相关行业，严重情况下可能会破坏整个轧钢生产线的正常运行。因此，加热炉作为轧钢生产线上的重要环节，担负着为轧制工序提供质量合格钢坯的任务。

加热炉的作用是将钢坯加热后送往轧机进行轧制，其中加热炉能耗占冶金能耗的 25%，因此，提高加热炉的热效率，对整个冶金行业的节能降耗具有重要意义。为了保证钢坯在加热炉中均匀受热，必须调节钢坯的入炉参数、工艺指标及生产状况，因此要求的方面有：炉温、空气流量及压力、煤气流量及压力、空燃比、炉膛压力等。通过控制上述量从而达到减少氧化损耗、降低能源损失。步进式加热炉通过步进梁的“步进”运动，将钢坯从装料侧移至出料侧，

通过钢坯在炉内的“步进”运动，从而完成从低温段到高温段，最后进入均热段的加热过程，从而达到轧钢所要求的轧制温度。

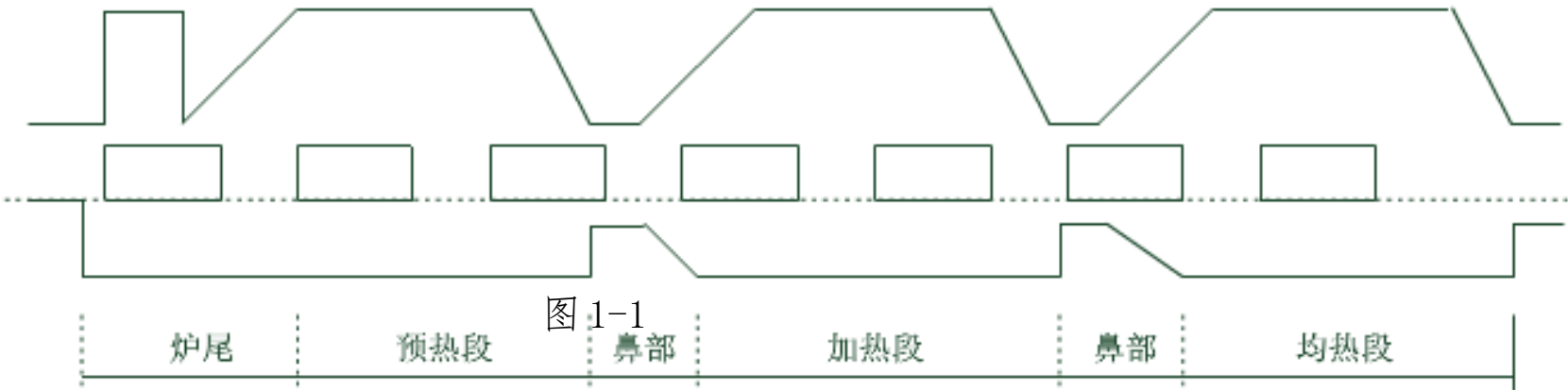
加热炉的加热过程具有非线性、强耦合、不确定等特性，是一个高度复杂的工业过程。因此加热炉计算机过程控制技术成为钢铁工业研究的重要课题之一，在国内外都得到了广泛的重视。

在钢铁行业早期，我们使用的加热炉主要是推钢式的，但是由于推钢式炉生产上有许多问题，比如：长度短、烧损大、产量低，如果操作不当，会造成粘钢现象，难以实现自动化控制。推钢式加热炉有许多难以克服的问题，后来，人们通过研究发现步进式加热炉系统具有很多优点，比如：生产周期短、加热均匀、产量高及操作灵活等。本设计采用步进梁式加热炉作为研究对象，这种加热方式通过专用的步进设备，使得钢坯在炉内做举行运动。当钢坯将要出炉时，为了有效消除滑轨擦痕，采用托出装置出炉。钢坯既可以不留出钢坯间隙，也可以根据实际需要留出，因此，这样可以有效消除步进梁与钢坯之间产生的摩擦。所以从整体层面来看，步进式钢坯加热炉具有加热起来比较均匀、生产操作非常方便灵活、产量高以及加热炉长度不受到任何限制等诸多优点，能够提高产品质量，适应时代发展，增强产品市场竞争力，完全满足高产、优质、高效、节能、环保及生产操作高度自动化的要求。

2、步进式加热炉工艺流程

步进式加热炉炉型为三段供热侧进测出的方式。加热炉自装料端到出料端沿炉长上分为预热段、加热段及均热段。为了调节各段炉温方便灵活，在加热段与均热段之间设有无水冷隔墙。为了使两段炉温和炉压得到精确控制，并消除两段之间的辐射等因素的干扰，一般使用无水冷隔墙来隔开。采用分布在炉子两侧墙上的烧嘴进行供热，各段均为上下加热。为了减少煤气在炉内的扰动，一般采用每对烧嘴切换燃烧的方法，该方法同时增强了炉气对钢坯的传热。

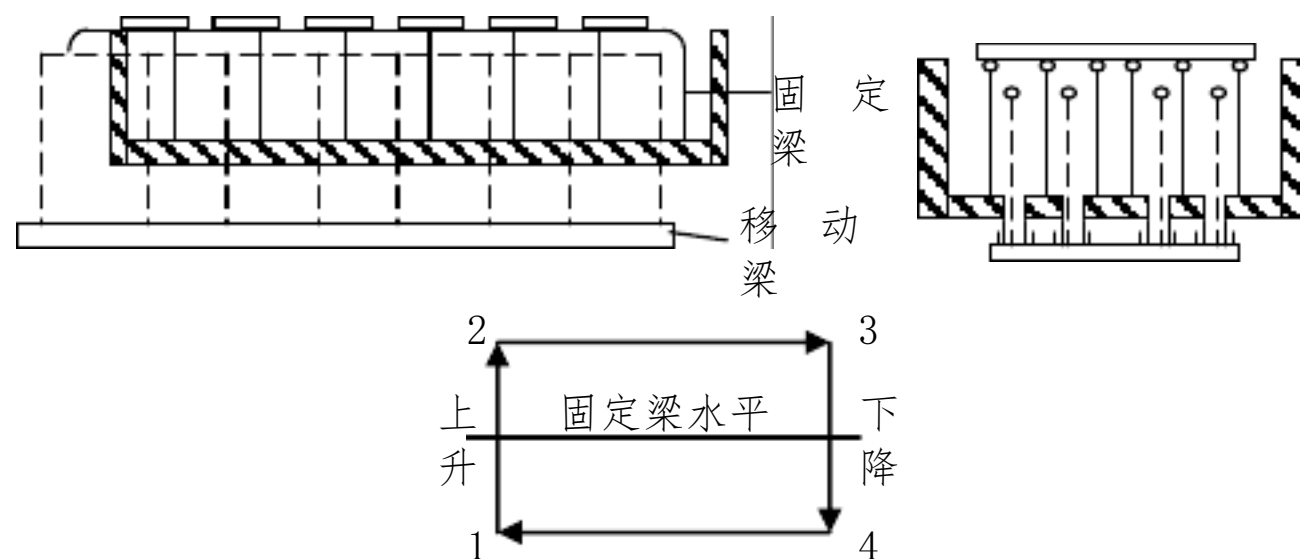
钢坯在步进梁的“步进”运动，从装料口开始经过三个阶段：预热段、加热段和均热段，经过这三个加热阶段的充分加热，最后在传送到炉子的出料口。当轧机发送需求钢的信号后，步进梁就会将最终料位处的钢坯从固定梁上托放在出料悬臂辊上面，然后移送出炉，进入扎线



步进式加热炉的结构图

全炉采用多台烧嘴，为了最大程度上保证生产的连续、稳定运行，每套烧嘴都配备了一套独立的换向系统。通过集成协调控制多台烧嘴的开与闭，使得系统能够很好的满足生产的需要，适应不同品种、不同批量的生产。在加热特殊钢种时，加热炉可以根据实际情况，决定是否打开靠近炉尾的一部分烧嘴，延长预热段的长度，这样操作可以节省部分燃料，对于低温入炉相当方便。如果不需要低温入炉，但是要求较大产量时，就可以将烧嘴全部打开，增加加热段长度，这样对于提高产量也有很大帮助，这样一来，就可以最大程度的实现操作上的灵活性。

步进式加热炉与推钢式加热炉相比，其基本的特征是钢坯的移动式通过固定梁和载有钢坯的移动梁进行的，在固定梁上的钢坯，通过移动梁反复地上升、前进、下降、后退的矩形运动，一个循环运动过程使钢坯在炉内的梁上发生滑动就前进一步。炉内钢坯通过步进梁的步进动作，自装料端一步一步经过预热段、加热段和均热段传送到炉子的出料端。在接到轧钢机要钢信号后，步进梁就将固定梁上最终料位处的钢坯托放在出料悬臂辊上面，然后送出进入轧线轧制。传动机构的上下运动和前后运动分别是独立机构构成的，支撑在棍子上的步进梁的前进、后退用油压传动方式，上下运动采用各种方式，如采用油压或采用电动，炉子装钢要保持规定的间隔，用推钢机或输送机装入炉内，加热好的钢坯出钢采用出钢进入下一步工序。



图(3) 步进结构

3、步进式加热炉的研究意义

作为一个典型的复杂的工业被控对象，加热炉具有很多特点，如纯滞后、非线性、时变、大惯性、强耦合和多变量等，并且系统本身很容易受外界因素干扰，同时炉温分布难以测量。面对难以控制又复杂的控制对象，无论是采用经典的控制方法还是常规的数学建模手段，都难以满足实际生产的控制效果。

用最低成本和最少的消耗量生产高质量的产品，同时实现企业利润的最大化，这是每个行业的生产目标，钢铁行业亦然如此。由于我国生产技术水平落后，在钢坯加热过程中存在各种问题，比如：能耗高、效率低、寿命短，为了减少不必要的能源浪费，因此，研究钢坯加热炉的控制系统具有十分重要的意义。

四、过程控制中仪表的选择

1、控制器的选择

控制器是常规仪表控制系统中的核心环节。担负着整个控制系统的“指挥”工作，正确地选用控制器，可以大大改善和提高整个过程控制系统的控制品质。该控制系统包含流量、温度和压力三种控制器，所以必须根据实际的工艺要求选择合适的控制器。

2、控制规律的选择

控制器主要有三种控制规律：比例控制规律、比例积分控制规律、比例积分微分控制规律，分别简写为P、PI和PID。

比例控制规律（P）的特点是：控制器的输出信号与输入信号（偏差）成比例，即阀门的开度变化与偏差变化有对应关系。它能较快地克服扰动的影响，过渡过程时间短。但是，纯比例控制器在过渡过程结束后仍然存在余差，而且负荷变化越大，余差也越大。只具有比例控制规律的控制器称为比例控制器。比例控制规律是最基本的控制规律，它既可以单独采用，又可以与其他控制规律结合在一起用，具有结构简单，整定方便的优点。比例控制器适用于调节通道滞后较小、负荷变化不大、控制要求不高、被控变量允许在一定范围内有余差的场合。例如，一般的精馏塔塔底液面、贮槽液面、冷凝器液面和次要的蒸汽压力控制系统，均可采用比例控制器。

比例积分控制规律（PI）的特点是：控制器的输出不仅与偏差的大小成比例，而且与偏差存在一定的函数关系。具有比例积分控制规律的控制器称为比例积分控制器，比例积分控制规律是一种应用最为广泛的控制规律。它适用于调节通道滞后较小、负荷变化不大、被控变量又不允许有余差的场合。例如，流量控制系统、管道压力控制系统和某些要求严格的液位控制系统普遍采用比例积分控制器。

比例积分微分控制规律（PID）的特点是：在增加了微分作用后，控制器的输出不仅与偏差的大小和存在的时间有关，而且还与偏差的变化速度成比例，这就可以对系统小的容量滞后起到超前补偿作用，并且对积分作用造成的系统不稳定性也有所改善。把具有比例、积分、微分控制规律的控制器称为PID控制器，又称三作用控制器，比例积分微分控制规律综合了多种控制

规律的优点，是一种比较理想的控制规律。适合于调节通道时间或容量滞后较大、负荷变化大、对控制质量要求较高的场合。目前用较多的是温度控制系统。

根据工艺的要求和控制规律的特点，从串级控制系统的结构看，主环是一个定值系统，主控制器起着定值控制作用。温度是主变量，为了主变量的稳定，主控制器必须具有积分作用，它的控制通道时间或容量滞后较大、负荷变化大、对控制质量要求较高，在这种情况下，为保证主变量的控制精度，故温度控制器应选用比例积分微分控制规律(PID)。然而副环是一个随动系统，它的给定值随主控制器输出的变化而变化，为了能快速、精确地跟随主控制器的输出而变化，副控制器最好不带积分作用，因为积分作用会使跟踪变得缓慢，当选流量作为副参数时，为保证稳定， P 较大，可引入积分，即采用PI，以增强控制作用；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，一旦主控制器的输出稍有变化，控制阀就将大幅度地变化，这对控制也是不利的。只有当副对象容量滞后较大时，可适当加一点微分作用。所以在串级控制系统中的流量控制器即副控制器需要采用比例积分控制规律(PI)。

在比值控制系统中流量的控制通道滞后较小、负荷变化不大、被控变量又不允许有余差，所以流量控制器应选用比例积分控制规律(PI)。

在炉膛压力单回路控制系统中压力调节通道滞后较小、负荷变化不大，控制要求不高，被控变量只要控制在微正压即可，允许它在一定范围内有余差，所以压力控制器应选用比例控制规律(P)。

3、控制器的正反作用的选择

工业控制器一般都具有正作用和反作用两种工作方式。当控制器的输出信号随着被控变量的增大而增加时，控制器工作于正作用方式；当控制器输出信号随着被控变量的增大而减小时，控制器工作于反作用方式。控制器设置正、反作用的目的是为了适应不同被控对象，实现闭环负反馈控制的需要。因为在一个控制系统中，除了控制器外，其它各个环节(被控对象、测量变送、执行器)都有各自的作用方向。如果各环节组合不当，使系统总的作用方向构成了正反馈，则控制系统不仅起不到控制作用，反而破坏了生产过程的稳定。又因为被控对象、测量变送器和执行器的作用方向是不能随意选定的，所以，要想使控制系统具有闭环负反馈特征，只有通过正确地选择控制器的正、反作用来实现。

假设对控制系统中的各环节作如下规定：

1. 控制器工作于正作用方式为“—”，工作于反作用方式为“+”；
2. 执行器的阀门开度随控制器输出信号的增加而增大(气开式)为“+”；随控制器输出信号的增加而减小(气关式)为“—”；
3. 被控变量随操纵变量的增加而增加为“+”，随操纵变量的增加而减小为“—”；
4. 测量变送器放大倍数的符号肯定为“+”。

判别准则：只要控制系统中各环节规定符号的乘积为正，则该系统是一负反馈系统。即负反馈系统要满足判别式： $(\text{控制器}) * (\text{执行器}) * (\text{被控对象}) * (\text{变送器}) = (+)$ 。

串级控制系统中主、副控制器正、反作用的选择顺序应该是先副后主。副控制器的正、反作用要根据副环的具体情况决定，而与主环无关。考虑问题的出发点仍与单回路控制系统相同，即为了使副回路构成一个稳定的系统，副环内所有各环节放大倍数符号的乘积应为“正”。因此，只要知道了控制阀、副对象和副变送器的放大倍数符号，就可以很容易地确定副控制器的正、反作用，副控制器正、反作用确定之后，就可以确定主控制器的正、反作用。主控制器的正、反作用要根据主环所包括的各个环节的情况来确定。主环内包括有主控制器、副回路、主对象和主变送器。对于副回路可将它视为一放大倍数为“正”的环节来看待。因为副回路是一随动系统，对它的要求是：副变量要能快捷地跟踪给定值(即主控制器输出)的变化而变化。因此，整个副回路可视为一放大倍数为“正”的环节看待。这样，只要根据主对象与主变送器放大倍数的符号及整个主环开环放大倍数的符号为“正”的要求，就可以确定主控制器的正、反作用。实际上，主变送器放大倍数符号一般情况下都是“正”的，再考虑副回路视为一放大倍数为“正”的环节，因此，主控制器的正、反作用实际上只取决于主对象放大倍数的符号。当主对象放大倍数符号为“正”时，主控制器应选“反”作用；反之，当主对象放大倍数符号为“负”时，主控制器应选“正”作用。

根据以上判别准则，可以方便地确定温度控制器、流量控制器和压力控制器均为反作用控制器。

五、步进式加热炉过程控制方案

步进式加热炉的热工制度主要包括：温度制度、燃料燃烧制度和炉压制度等。根据影响加热炉钢坯质量的因素，其主要能控因素是温度和炉膛压力，而温度的变化主要受燃料流量和空气流量的影响，为了充分燃烧，燃料流量和空气流量必须按一定的比例送入管道，所以将燃料和空气构成双闭环比值控制系统，这样不仅实现了比较精确的流量比值，而且使燃料流量和空气流量变得比较平稳，确保了两物料总量基本不变，为后续温度的控制提供了前提条件。对于温度的控制采用单交叉限幅方式的串级控制系统，这样可以在炉温偏低时，先增加空气量，后增加煤气量；炉温偏高时，先减煤气量，后减空气量，实现空气、煤气交叉控制，保证了燃料的完全燃烧，最终通过控制燃料和空气流量以达到控制炉温的目的。对于炉膛压力，采用单回路控制，它是通过调整烟道百叶窗的开度，从而调节烟囱的吸力，达到控制炉膛压力的目的。

1、煤气/空气流量控制方案设计

煤气和空气在燃烧过程中，热损失和空气过程系数 μ ($\mu = \frac{A_r}{A_t}$ ，其中 A_r 为实际空气供给量，

A_t 为理论上煤气完全燃烧空气需要量)，正常情况下，要想保证最佳燃烧，应保持 $\mu = 1.02 \sim 1.10$ 。假若空气不足，燃烧会产生黑烟，浪费能源，热效率降低，并且污染环境；如果空气过量，会浪费燃料，并且，过量的空气会加速钢坯的氧化烧损。所以，我们采用双闭环比值控制系统来控制空气和煤气的比值。

双闭环比值控制系统是为了克服单闭环比值控制系统主流量不受控，生产负荷在较大范围内波动的不足而设计的。它是在单闭环比值控制的基础上，增设了主流量控制回路而构成[2]。

双闭环比值控制系统由于主流量控制回路的存在，实现了对燃料流量的定值控制，大大地克服了燃料流量干扰的影响，使燃料流量变得比较平稳。通过比值控制副流量即空气流量也将比较平稳。这不仅实现了比较精确的流量比值，而且也确保了两物料总量基本不变，这是它的一个主要特点。另一个优点是提降负荷比较方便，只要缓慢地改变主流量控制器即燃料控制器的给定值，就可以提降燃料流量，同时副流量即空气流量也就自动跟踪提降，并保持两者比值不变。这种方案能够适用于主流量干扰频繁及工艺上不允许负荷有较大波动或工艺上经常需要提降负荷的场合，实用性强[2]。设计的燃料流量与空气流量双闭环比值控制系统方框图如下：

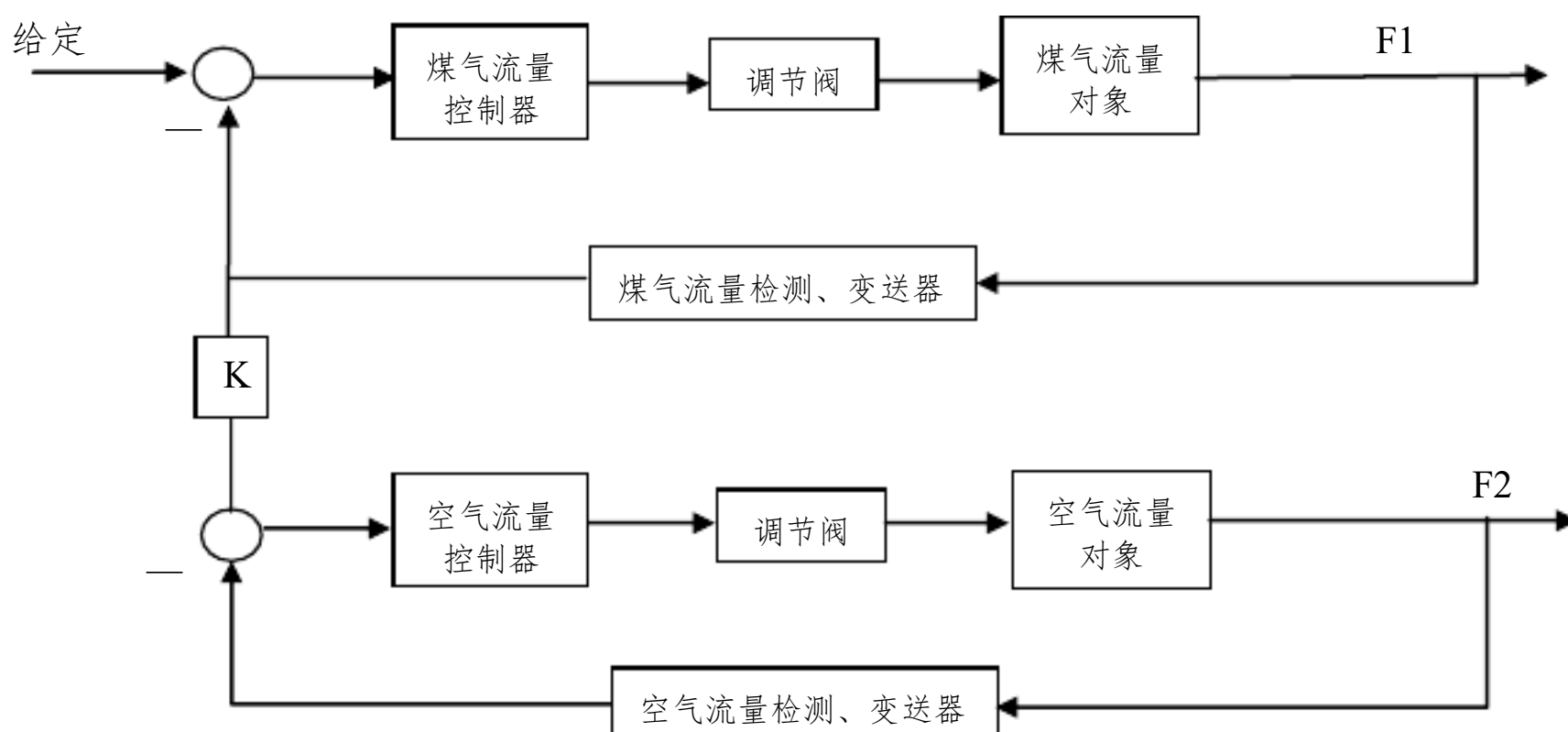


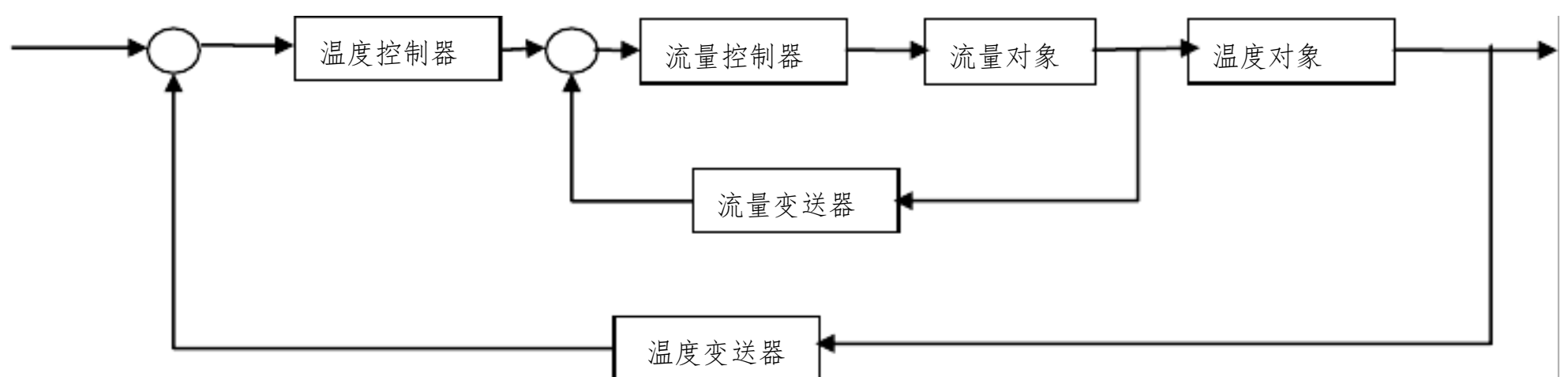
图 1-2 燃料流量和空气流量构成的双闭环比值控制系统方框图

双闭环比值控制是比值控制系统的一种方法，和比值控制系统相比，双闭环比值控制有它的优点，比如：它的主、从动量都进行了闭环控制，在燃烧负荷变化不剧烈情况下，为了保证进入炉膛的煤气流量与空气流量之间的恰当比值关系，在控制炉温同时，让煤气流量和空气流量能够很好的配比，合理地燃烧，充分的发挥能源效益，达到静态的比值关系。在双闭环比值控制系统中，从动量控制回路将会减少对主动量控制回路的影响。保持与主动量之间的比值关系，主动量的扰动通过主动量控制回路能实现控制，从而达到定值控制的目的。

2、炉温的控制系统

在步进式加热炉加热钢坯的过程中，空燃比过高，使钢坯表面氧化，热量损失增加；空燃比过低，使燃料不能完全燃烧，造成煤气外流，浪费了燃料并污染了环境。所以为了控制温度，工艺上不但要求燃料量与空气量成一定的比例，而且要求在温度发生变化时，燃料与空气的提降量有一定的先后次序，以保证空燃比的合理性及供热区段温度的可控性。本设计采用单交叉限幅控制，即以炉内温度为主环，空、煤气为副环的串级炉温控制回路。

串级控制系统是由其结构上的特征而得名的。它是由主、副两个控制器串接工作的。主控制器的输出作为副控制器的给定值，副控制器的输出去操纵控制阀，以实现变量的定值控制。在这个设计中，主控制器是温度控制器，副控制器是燃料控制器或者是空气控制器，这要依据提降时的先后顺序而定。一般来说，主控制器的给定值是由工艺规定的，它是一个定值，在该系统中主参数温度是一个定值，工业上要求步进式加热炉预热段温度为 $750^{\circ}\text{C}\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，加热时间 $15\sim 30$ 分钟；加热段的温度为 $1250^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ ，加热时间 $40\sim 60$ 分钟；均热段的温度为 $1150^{\circ}\text{C}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ ，保温时间 $20\sim 30$ 分钟；连铸冷坯料、模铸冷坯料的总加热时间为 $90\sim 120$ 分钟；因此，主环是一个定值控制系统。而副控制器的给定值是由主控制器的输出提供的，它随主控制器输出变化而变化，因此，副回路是一个随动系统。设计的炉温与流量的串级控制系统方框图如图 1-3。



炉温与流量串级控制系统方框图

加热炉温度控制是通过调节煤气和空气流量来实现的。温度控制器根据实测温度，按照 PID 控制策略，产生一个输出。该输出作为煤气控制器和空气控制器的设定值，去控制煤气和空气流量。温度控制器与煤气流量控制器或空气流量控制器构成一个串级控制系统。其中，温度控制器是主控制器，实现温度的粗调，煤气流量控制器或空气流量控制器是平行的副控制器，完成精确控制。

在控制炉温的过程，当炉温偏低时，先增加空气量，后增加煤气量，当炉温偏高时，先减煤气量，后减空气量，实现空气煤气交叉控制，以保证燃料的完全燃烧。而完成具有逻辑提量功能主要依靠系统中设置的两个选择器：高选择器 HS、低选择器 LS。炉温的双交叉限幅控制的检测流程图如下：

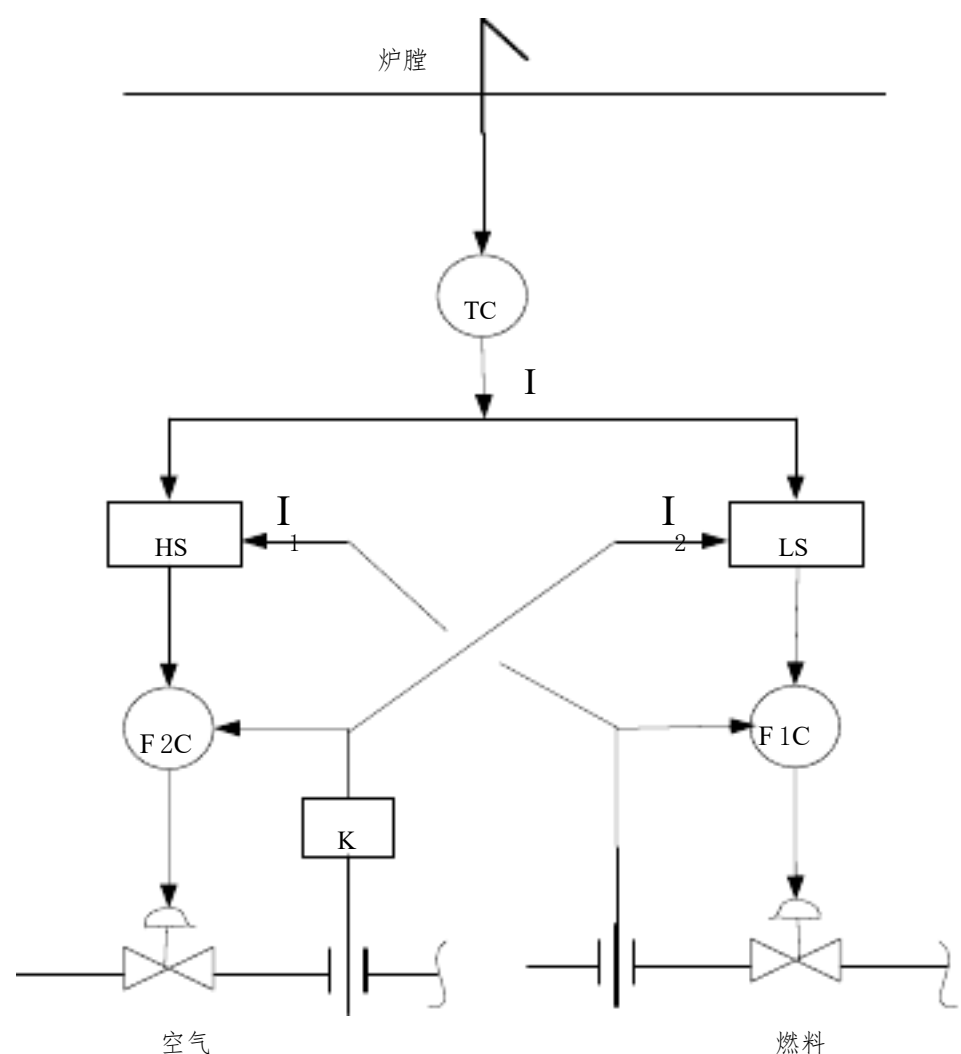


图 1-4 双交叉限幅控制的检测流量图

图 5-3 所示为“串级和比值控制组合的系统，由炉膛温度与燃料、空气流量的串级控制系统和燃料与空气的流量比值控制系统相组合。完成逻辑提量功能主要依靠系统中设置的两个选择器：高选择器 HS、低选择器 LS。在正常工况下，即系统处于稳定状态时，温度控制器的输出 I_T ，等于燃料流量变送器的输出 I_1 ，也等于空气流量变送器的输出 I_2 。也就是说高、低选择器的两个输入端信号是相等的，整个系统犹如不加选择器时的串级和比值控制组合的系统进行工作。当系统中的炉膛温度降低时，温度控制器的输出 I_T 增加（根据串级控制系统的要求，

，这个增加了的信号不被低选器选中，而却被高选器选中，它直接改变空气流量控制器的给定值，命令空气量增加。然后由于空气增加，使其变送器输出增加，也就使开始增加。因此时 $I_2 < I_T$ ， I_2 被低选器选中，从而改变燃料流量控制器给定值，命令提量。这一过程保证在增加燃料且前，先加大空气量，使燃烧完全。整个提量过程直至 $I_T = I_1 = I_2$ 时，系统又恢复到正常工况时的稳定状态。当系统中的炉膛温度升高时，温度控制器输出减少，因而它被低选器选中，作为燃料流量控制器的给定值而命令燃料降量。燃料量降低，经变送器的测量信号被高选器选中，作为空气流量控制器的给定值，命令空气降量。降量过程直至 $I_T = I_1 = I_2$ ，系统又恢复到稳定状态。这样就实现了提量时先提空气量，后提燃料量，降量时先降燃料量，后降空气量的逻辑要求[2]。

双交叉限幅保证了焦炉煤气在正常工况条件和异常工况波动条件下，都能稳定的与空气保持一定偏差范围内的比例，并以焦炉煤气流量为主控变量，以空气流量为从动变量，实现了燃烧过程的经济性和合理性要求[11]。

3、炉膛压力的控制系统方案

单回路反馈控制系统简称单回路控制系统。在所有反馈控制系统中，单回路反馈控制系统是最基本、结构最简单的一种，因此又称为简单控制系统。单回路控制系统虽然简单，却能解决生产过程中的大量控制问题。它是生产过程控制中应用最为广泛的一种控制系统[2]。

单回路控制系统由四个基本环节组成，即被控对象（简称对象）或被控过程（简称过程）、测量变送装置、控制器和控制阀。炉内气体流动状况是炉膛压力的主要影响因素，而气体流动状况又受到烟道百叶窗的开度的直接影响。设计中对炉压的控制采用的是单回路控制策略，它是通过调整烟道百叶窗的开度，从而调节烟囱的吸力，进而控制炉膛压力，炉压检测点位于出料端。设计的炉膛压力单回路控制系统方框图如下：

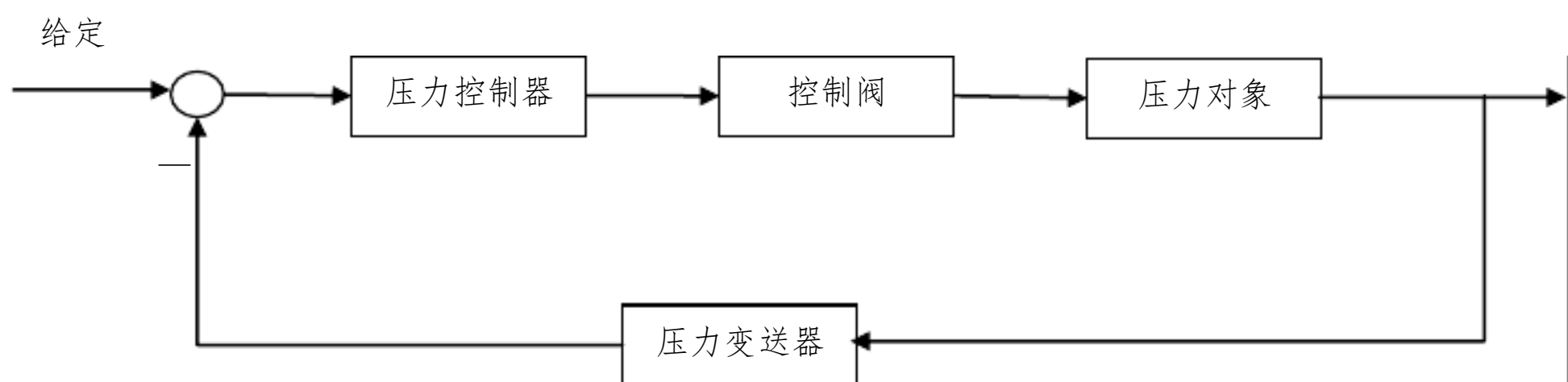


图 1-5 炉膛压力控制系统方框图

温度制度、燃料燃烧制度和炉压制度等。根据影响加热炉钢坯质量的因素，其主要能控因素是温度和炉膛压力，而温度的变化主要受燃料流量和空气流量的影响，为了充分燃烧，燃料流量和空气流量必须按一定的比例送入管道，所以将**燃料和空气构成双闭环比值控制系统**，这样不仅实现了比较精确的流量比值，而且使燃料流量和空气流量变得比较平稳，确保了两物料总量基本不变，为后续温度的控制提供了前提条件。**对于温度的控制采用双交叉限幅方式的串级控制系统**，这样可以在炉温偏低时，先增加空气量，后增加煤气量；炉温偏高时，先减煤气量，后减空气量，实现空气、煤气交叉控制，保证了燃料的完全燃烧，最终通过控制燃料和空气流量以达到控制炉温的目的。**对于炉膛压力，采用单回路控制**，它是通过调整烟道百叶窗的开度，从而调节烟囱的吸力，达到控制炉膛压力的目的。

六、加热炉控制系统的硬件设计

一套完整的控制系统构成包括硬件部分和软件部分。硬件部分是首要条件，是控制系统所需的基础，为软件部分准备前提。在充分的分析系统控制要求下，合理地选择系统硬件，不但可以节省成本，而且还对软件设计有所帮助。

首先，要想设计出系统，在设计初期，第一步就是要选好硬件配置，确定哪些量是输入/输出量，并且要完成什么样的控制要求。确定系统的硬件配置后，为了达到控制系统的任务要求，合适地选择配件配置。恰当的运用各个器件。最主要的体现在模块选择上，比如：在机架选择完毕后，电源模块 PS 是选择直流的，还是交流的，CPU 选择带通信接口的、附带信号模块的，还是其他类型的等等。每个硬件确定插入并选择后，需要在 SETP7 中完成硬件组态工作，包括系统硬件组态、CPU 的参数设置、模块的参数设置等。并将组态信息下载到 CPU 中去。完成硬件组态后，接着就是对控制系统进行软件设计，也就是通常所说的程序设计，利用 SETP7 编程软件，完成软件设计部分，达到控制系统所要求的控制任务。

而此设计是采用西门子 PLC 系统和 DCS 系统来实现的。本设计采用的是 PLC 控制器加 DCS 上位监控的控制系统，PLC 控制器作为控制系统的控制中枢，其内部存储着控制逻辑、梯形逻辑程序。加热炉区 PLC 控制的最终目的是保证板坯在加热炉内顺利传输，维持板坯对轧机的供应量。这就需要各种电气设备密切配合，严格按照时序动作。而上位机则是利用 DCS 软件来完成工业控制状态、流程和参数的显示，实现监控、管理、分析和存储等功能。通过 PLC 与 DCS 的通信，上位机对 PLC 数据的读写监控，可以实现向上级提供工艺流程图、动态数据画面、报表显示等多种窗口技术，使整个控制系统具有良好的人机界面，实现生产过程调度的自动化和信息化。上位监控站主要承担控制系统的所有操作、监控。即在上位监控站发出操作指令，通过 PLC 控制层

将上位监控站发出的各种指令输出到现场的设备,控制现场设备的工作,同时将现场设备当前时刻的工作参数,如水质参数、流量、压力、温度、液位及运行状态等信息由现场上传到上位监控站上进行显示,并同时被送入系统创建的生产历史数据库,利用数据库中的数据,控制不同工艺参数的变化快慢和重要程度,达到优化控制的目的。

在组态过程中,软件具有自动校正和修改功能。用户在编辑过程中若对某个点进行修改,系统会自动对所有数据库中的相关点进行相应的校正,使用相当方便。组态软件支持鼠标和键盘操作,人机界面美观,实时帮助功能丰富,是设计低成本 DCS 的理想平台。

1、PLC 方面的介绍

西门子公司 PLC 系列应用广泛,其中 S7-300 是一种中小型的可编程序控制器,适用于各行各业,各种场合中的检测、监测及控制的自动化。S7-300 系列的强大功能使其无论在独立运行中或相连成网络皆能实现复杂控制功能。因此 S7-300 系列具有极高的性能/价格比。

S7-300 系列出色表现在一下几个方面:极高的可靠性、极丰富的指令集、易于掌握、便捷的操作、丰富的内置集成功能、实时特性、强劲的通讯能力、丰富的扩展模块。

S7-300 包括集成的 24V 电源、高速脉冲输出、通信口、模拟电位器、EEPROM 存储器模块、电池模块、高速计数器以及 CPU 模块等。该系统中配置了模拟量输入/输出模块、数字量输入/输出模块、高速计数模块、监控模块、所有输入/输出模块,全部采用光电隔离,大大提高了系统抗干扰能力。

S7-300 系列在集散自动化系统中充分发挥其强大功能,使用范围可覆盖从替代继电器的简单控制到更复杂的自动化控制。应用领域极其广泛,覆盖所有与自动检测,自动化控制有关的工业及民用领域,包括各种机床、机械、电力设施、民用设施、环境保护设备等等。

2、S7-300 的模块选择

本设计选用西门子公司 S7-300 系列 PLC 中的过程控制器 CPU224 作为整个加热炉控制系统的核心。本机集成 14 输入/10 输出功 24 个数字量 I/O 点。可连接 7 个扩展模块,最大扩展至 168 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O 点。I/O 端子排可以很容易地整体拆卸。13K 字节程序和数据存储空间。6 个独立的 30KHz 高速计数器,2 路独立的 20kHz 高速脉冲输出,具有 PID 控制器。CPU224 具有 1 个 RS-485 通信口,支持 PPI、MPI 通信协议,有自由口通信能力。若采用 24V DC 电源,则 24V DC 输入,24VDC 输出;若采用 100~230V AC 电源,则 24V DC 输入,继电器输出。它是具有较强控制能力的控制器,该产品具有标准化程度高、可靠性高、操作性强、可维护性好、可扩展性好等特点。

PLC的 I/O 口分配

输入信号	启动按钮	I0.0
	停止按钮	I0.1
	急停按钮	I0.2
	手动操作	I0.3
	自动操作	I0.4
	钢坯进入加热炉的信号	I0.5
	钢坯出加热炉的信号	I0.6
输出信号	手动方式运行	Q0.0
	自动方式运行	Q0.1
	燃料阀	Q0.2
	空气阀	Q0.3
	喷嘴接触器	Q0.4
	燃料机接触器	Q0.5
	鼓风机接触器	Q0.6
	预热段燃料阀	Q0.7
	预热段空气阀	Q1.0
	加热段燃料阀	Q1.1
	加热段空气阀	Q1.2
	均热段燃料阀	Q1.3
	均热段空气阀	Q1.4
	预热段报警	Q1.5
	加热段报警	Q1.6
	均热段报警	Q1.7
	烟道百叶窗	Q2.0
	炉膛压力报警	Q2.1

DCS方面的介绍

DCS()是分散控制系统的简称,国内一般习惯称之为集散控制系统。DCS是一个由过程控制级和过程监控级组成的以通信网络为纽带的多级计算机系统,综合了计算机、通信、显示和控制等 4C 技术,其基本思想是分散控制、集中操作、分级管理、配置灵活以及组态方便。

“集”和“散”这两个字是集中管理和分散控制的简称,是一个为满足大型工业生产和日益复杂的过程控制要求,从综合自动化的角度出发,按功能分散、管理集中的原则构思,具有高可靠性指标,不断以新的技术成果充实而研制开发出来的,以微处理器、微型计算机技术为核心,与数据通信技术、显示、人机接口技术、输入输出接口技术相结合的,用于生产管理、数据采集和各种过程控制,它是一种处于新技术前沿的新型控制系统。

DCS具有以下特点:(1)高可靠性。由于 DCS将系统控制功能分散在各台计算机上实现,系统结构采用容错设计,因此某一台计算机出现的故障不会导致系统其他功能的丧失。此外,由于系统中各台计算机所承担的任务比较单一,可以对需要实现的功能采用具有特定结构和软件的专用计算机,从而使系统中每台计算机的可靠性也得到提高。(2)开放性。DCS采用开放式、标准化、模块化和系列化设计,系统中各台计算机采用局域网方式通信,实现信息传输,当需要改变或扩充系统功能时,可将新增计算机方便地连入系统通信网络或从网络中卸下,几乎不影响系统其他计算机的工作。

DCS系统主要有现场控制站(I/O站)、数据通讯系统、人机接口单元、通用计算机接口、操作员站(OPS)、工程师站(ENS)、机柜、电源等组成。系统具备开放的体系结构,可以提供多层开放数据接口。它的硬件系统在恶劣的工业现场具有高度的可靠性、维修方便、工艺先进。底层汉化的软件平台具备强大的处理功能,并提供方便的组态复杂控制系统的能力与用户自主开发专用高级控制算法的支持能力,易于组态,易于使用。支持多种现场总线标准以便适应未来的扩充需要。

七、加热炉的 PLC 软件设计

1、S7-300 编程语言

本设计主要利用梯形图进行编程,故下面着重介绍一下梯形图编程语言。

梯形图编程语言是在继电器-接触控制系统电路图基础上简化了符号演变而来的,在简化的同时还加进了许多功能强而又使用灵活的指令,是目前应用最广泛的一种可编程控制器编程语言。按在梯形图(LAD)中,程序被分为网络的一些程序段。每个梯形图网络是由一个或多个梯级组成。梯形图程序区段的结构对应与继电器开关操作的梯级。在梯形图编辑器中,背景窗口

是逻辑网格。在它的左边有所谓的左汇流条。这些左汇流条对应于梯级的相线。正如在梯级中一样，只有接至电源及接至左汇流条的梯形图目标将在梯形图编程期间被“编辑”，对应于中线的右汇流条不进行显示。但是，在内部，所有的线圈和 FB、FC 输出都接在它上面，从而建立起电流通路。编程语言梯形图的基本目标是为了构建 PLC 的组织单元节，可以加入大量的触点、线圈以及基本功能、基本功能块、导出功能块等。当生成链条时，与其它链路的目标重叠是允许的。

在梯形图中，并没有真实的电流流动。为了便于分析 PLC 的周期扫描原理及信息存储空间分布的规律，假象在梯形图中有“电流”流动，这就是“能流”。能流在梯形图中只能作单方向流动，层次的变化只能是先上后下。梯形图程序区段中的各个目标的处理次序由节点中数据流来确定。添加在左汇流条的网格从上至下进行处理。在程序区段中的彼此独立的网格按放置次序依次进行处理。

梯形逻辑图控制语言编程的步骤如下：

- (1) 根据工艺过程对顺序控制系统的要求，经过分析、比较和列写程序条件表或图。
- (2) 对输入输出单元进行地址分配，并完成输入输出模块的组态工作。
- (3) 编制梯形逻辑图，并对添加的内部继电器、计数器等分配地址。
- (4) 程序输入和调试。

2、软件编写（附录）

3、上位监控组态软件

上位机监控软件采用的是三维力控监控组态软件。力控组态软件具备方便、灵活的开发环境，提供各种工程、画面模板，大大降低了组态开发的工作量；高性能实时；历史数据库，快速访问接口在数据库 4 万点数据负荷时，访问吞吐量可达到 20000 次/秒；强大的分布式报警、事件处理，支持报警、事件网络数据断线存储，回复功能；支持操作图元对象的多个图层，通过脚本可灵活控制各图层的显示和隐藏；强大的 **Activex** 控件对象容器，定义了全新的容器接口集，增加了通过脚本对容器对象的直接操作功能，通过脚本可调用对象的方法、属性；全新的、灵活的报表设计工具，提供丰富的报表操作函数集、支持复杂脚本控制，包括脚本调用和事件脚本，可以提供报表设计器，可以设计多套报表模板。

力控组态软件所建立的工程有主控窗口、设备窗口、用户窗口、实时数据库和运行策略五部分组成，每一部分分别进行组态操作，完成不同的工作，具有不同的特性。

主控窗口：是工程的主窗口或主框架。在主窗口中可以放置一个设备窗口和多个用户窗口，负责调度和管理这些窗口的打开或关闭。主要的组态操作包括：定义工程的名称，编制工程菜

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/49604112200010155>