

# 基于PLC的加热炉炉温控制系统设计

石佩燕 杨晨 李泉

宝鸡宝钛装备科技有限公司 陕西 宝鸡 721014

**摘要:** 本文介绍了基于PLC的加热炉炉温控制系统的设计。该系统包括温度传感器、PLC控制器、加热器、人机界面等组成部分。通过合理选择硬件和软件,以及精细的调试和测试,可以实现加热炉的准确、稳定、安全控制。

**关键词:** PLC; 加热炉; 温度控制系统

引言: 加热炉是工业生产中常用的设备,其炉温控制对于产品质量和能源消耗都具有重要的意义。PLC作为一种可靠的工业控制设备,被广泛应用于各种控制系统中。本文旨在通过设计一个基于PLC的加热炉炉温控制系统,提高加热炉的控制性能和效率。

## 1 PLC的基本原理

PLC (Programmable Logic Controller, 可编程逻辑控制器)是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境应用而设计的。它采用可编程的存储器,存储程序并执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数与算术操作等指令,并通过数字或模拟输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。PLC主要由电源、中央处理单元(CPU)、存储器、输入输出接口、功能模块等部分组成。其工作原理是,通过输入接口接收外部信号,然后由CPU进行逻辑运算和数据处理,再通过输出接口控制外部设备。PLC具有较强的扩展能力,可以连接多种外部设备,如触摸屏、变频器等。PLC的工作原理可以分为三个主要阶段:输入处理、程序执行和输出处理。(1)输入处理:在这个阶段,PLC读取来自输入模块的输入信号。这些信号来自各种传感器和开关设备,如按钮、限位开关、接近开关等。一旦这些信号被读取,它们会被暂存到输入缓冲区中<sup>[1]</sup>。(2)程序执行:在这个阶段,PLC按照从左到右、从上到下的顺序扫描程序。当扫描到指令时,它会根据输入的状态和指令的要求执行相应的操作。例如,如果输入是ON,PLC可能会将一个内部继电器触点闭合,从而输出一个信号。(3)输出处理:在这个阶段,PLC将内部继电器的状态更新到输出缓冲区。如果内部继电器处于ON状态,那么对应的输出信号就会变为ON,这样就可以驱动外部设备如电机、指示灯等。

## 2 加热炉温度控制系统及其相关理论

加热炉是一种常用的工业加热设备,广泛应用于冶金、化工、陶瓷、塑料加工等行业。加热炉的主要组成部分包括加热器、传感器和控制系统。其中,控制系统

是加热炉的核心部分,它的主要任务是控制加热炉内的温度,使其能够稳定在预设的温度范围内。加热炉温度控制系统相关理论包括控制理论和热力学理论。(1)控制理论是研究系统控制过程和行为的理论,其中,反馈控制是常用的一种控制策略。在加热炉温度控制系统中,反馈控制是通过温度传感器检测炉内温度,将检测到的温度与预设温度进行比较,根据比较结果调整加热器的功率,从而控制炉内温度。这种控制策略能够有效地减小温度波动,提高温度控制的精度和稳定性。(2)热力学理论是研究热现象和能量转换的理论,在加热炉温度控制系统中具有重要的作用。在加热炉中,热量从加热器传递到被加热物体,这个过程涉及到热传导、热对流和热辐射等热现象。根据热力学理论,加热炉的热惯性是影响温度控制的一个重要因素。热惯性大的加热炉需要更长的加热时间和冷却时间,因为热量传递需要时间,不能立即达到预设温度。因此,在加热炉温度控制系统的设计过程中,需要考虑加热炉的热特性,选择合适的控制策略和硬件设备。此外,加热炉的温度控制还需要考虑环境因素和设备因素<sup>[2]</sup>。环境因素包括室温、气流等,这些因素会影响加热炉的热交换和热量传递,从而影响温度控制的精度。设备因素包括加热器的功率、传感器的精度等,这些因素会影响温度控制的范围和稳定性。因此,在加热炉温度控制系统的设计过程中,需要综合考虑这些因素,选择合适的设备和控制策略。总的来说,加热炉温度控制系统是一个复杂的系统,需要综合考虑控制理论和热力学理论等多种因素。通过合理的系统设计和控制策略选择,可以实现精确、稳定、高效的温度控制,从而提高工业生产效率 and 产品质量。

## 3 基于PLC的加热炉炉温控制系统设计

### 3.1 系统需求分析

(1)需要明确加热炉的控制需求。加热炉是一种用于加热物料的设备,通常用于工业生产中。其核心控制参数是加热温度,需要根据工艺要求设定加热温度范

围、加热速度和保温时间等。此外,还需要考虑加热炉的物理特性和热特性,如传热方式、热惯性等,以便进行系统设计和控制策略选择。(2)需要进行系统设计。基于PLC的加热炉控制系统主要由温度传感器、控制器和执行器组成。温度传感器用于采集加热炉内的温度信号,控制器负责对采集到的温度信号进行处理,并根据设定值计算控制量,最后通过执行器控制加热炉的加热功率,从而达到控制加热炉温度的目的。考虑到加热炉的控制需求和物理特性,可以选择合适的PLC控制器和温度传感器,同时设计合理的控制算法和策略。(3)考虑采用PID控制算法。PID控制是一种经典的反馈控制算法,通过调整控制器的比例、积分和微分系数,可以实现对被控对象的精确控制。在加热炉控制中,可以采用PLC内置的PID控制器模块来实现PID控制。此外,还可以根据加热炉的物理特性和热特性,设计合理的控制策略,如分段控制、保温时间控制等。(4)在系统硬件选择方面,需要考虑PLC控制器和温度传感器的选型。PLC控制器是整个控制系统的核心,需要根据控制需求和物理特性选择合适的PLC控制器。同时,还需要选择合适的温度传感器,以便采集加热炉内的温度信号。(5)在系统软件设计方面,需要编写PLC控制程序。根据控制需求和物理特性,编写合理的控制程序,实现加热炉的温度控制。此外,还需要设计人机界面程序,以便操作人员可以方便地设置加热炉的各项参数和控制状态。(6)需要进行系统调试和优化。在系统调试过程中,需要对控制程序进行测试和调整,确保加热炉的温度控制精度符合要求。同时,还需要对控制策略进行优化,以提高加热炉的控制性能和效率。

### 3.2 PLC选型与配置

(1) 需要根据系统需求选择具有足够输入输出点数、内存和处理能力的PLC。输入输出点数是指PLC可以接收和输出的控制信号数量,内存和处理能力则影响控制算法的复杂度和处理速度。根据加热炉的规模和控制要求,可以选择适合的PLC型号。(2) 考虑PLC的通讯能力和扩展性。通讯能力指PLC与其他设备或系统进行数据交换的能力,扩展性指PLC支持的模块数量和类型,以便后期进行系统扩展和升级。根据加热炉的控制需求和物理特性,可以选择适合的通讯协议和扩展模块,如温度模块、计数模块等。(3) 根据控制需求设置输入输出点数、内存容量和通讯方式等参数。同时,还需要对PLC进行硬件配置和软件编程,包括选择合适的控制算法、编写控制程序和调试程序等。在配置和编程过程中,需要考虑加热炉的控制特性和物理特性,确保控制程序的

准确性和稳定性<sup>[3]</sup>。(4) 根据控制需求和输入输出信号类型进行配置。例如,如果加热炉控制需要采集温度、压力等模拟信号,需要配置模拟输入输出模块;如果需要控制电机、电磁阀等数字设备,需要配置数字输入输出模块。此外,还需要根据通讯需求配置通讯模块,如以太网模块、串口模块等。

### 3.3 温度传感器选择

在加热炉炉温控制系统中,温度传感器是核心组成部分,它对系统的测量精度和控制性能有着重要影响。常见的温度传感器有热电偶、热电阻、热敏电阻、集成温度传感器等。下面我们将对各种温度传感器的原理、特点和适用场合进行详细分析。(1) 热电偶是一种基于塞贝克效应的温度传感器,它可以将温度变化转化为电压信号。热电偶具有测量范围广、响应速度快、信号处理简单等优点,适用于中高温测量。然而,热电偶的精度受热电效应、接触电动势等因素影响,且需要进行冷端补偿和线性化处理。(2) 热电阻是利用导体电阻随温度变化的特性,将温度变化转化为电阻值的变化。热电阻具有测量精度高、稳定性好、适用范围广等优点,适用于中低温测量。然而,热电阻的信号处理相对复杂,需要使用放大器、AD转换器等器件。(3) 热敏电阻是一种灵敏度较高的电阻温度传感器,其电阻值随温度变化而变化。热敏电阻具有体积小、响应速度快、灵敏度高、测量范围广等优点,适用于精密测量。然而,热敏电阻的信号处理相对复杂,且价格较高。

### 3.4 加热器选择与控制

(1) 选择合适的加热器。加热器的类型和规格应根据加热炉的加热需求和热特性进行选择。例如,对于大型加热炉,可能需要选择功率较大的电加热器;而对于小型实验室加热炉,可以选择热电阻加热器或电热板。(2) 设计加热器的控制电路。控制电路应能够实现加热器的启停控制和功率调节。在PLC控制系统中,可以通过输出模块连接继电器或接触器,实现对加热器的启停控制。对于功率调节,可以通过改变加热器的输入电压或电流来实现。例如,可以使用PWM(脉冲宽度调制)技术,通过改变加热器通电时间占总时间的比例,来调节加热器的平均功率。(3) 为了确保加热炉的安全运行,加热器的控制电路应具有过载保护、短路保护等功能。当加热器出现故障时,控制系统应能够及时切断加热器的电源,并发出报警信号,提醒操作人员及时处理<sup>[4]</sup>。(4) 设计加热器的布局 and 安装方式。加热器的布局应考虑到加热炉的结构和热特性,保证加热器的加热效率和控制精度。在安装加热器时,应确保加热器的牢固性和

绝缘性,防止出现短路或漏电等安全问题。

### 3.5 系统程序设计

(1) 编写PLC程序。PLC程序应该能够实现读取温度传感器信号、比较温度与设定值、控制加热器开关等功能。(2) 明确控制系统的需求和目标。例如,需要确定的控制系统需求包括加热炉的加热范围、加热速度、保温时间等。同时,还需要了解加热炉的物理特性和热特性,以便进行系统设计和控制策略选择。(3) 选择适合的编程语言和开发环境。例如,可以使用Ladder Logic、Structured Text等编程语言,使用PLCSIM、STEP 7等开发环境。根据加热炉的特性和控制要求,设计合适的程序结构和算法,实现控制系统需求和目标。(4) 读取温度传感器信号的程序块。温度传感器信号可以通过输入模块读取,并将读取的数据进行处理和比较。另外,程序中还应该包括比较温度与设定值的程序块,根据比较结果来控制加热器的开关。(5) 考虑系统的安全性和故障处理能力。例如,在加热炉运行过程中,可能会出现过热、短路等故障情况。为了应对这些故障,可以在程序中设计相应的保护措施。例如,当温度超过设定上限时,可以自动切断加热器的电源,并发出报警信号,提醒操作人员及时处理。

### 3.6 系统调试与测试

(1) 在完成硬件配置和程序编写后,进行系统调试与测试。系统调试与测试的目的是验证控制系统的稳定性和控制精度是否满足要求,同时发现并解决潜在的问题和故障。(2) 在进行系统调试与测试之前,需要准备好所需的测试工具和设备,例如万用表、示波器、温度计等。同时,需要准备好测试用的程序和数据,例如预设的温度曲线、传感器模拟信号等。(3) 在系统调试与测试过程中,应该先进行硬件配置的调试。例如,检查

电源、信号线是否连接正确,检查传感器、执行器是否安装正确,检查人机界面是否正常工作等。在确保硬件配置无误后,可以进行程序的调试和测试。(4) 在程序调试和测试阶段,可以使用PLC的仿真功能,模拟加热炉的实际工况,对程序进行测试和优化。例如,可以模拟温度变化,检查程序对温度的响应速度和控制精度是否满足要求。同时,也可以通过模拟不同的故障情况,测试程序对故障的处理能力和系统的稳定性。(5) 在系统调试与测试过程中,应该注意记录测试数据和结果,以便进行分析和评估。例如,可以记录加热炉在不同工况下的温度变化曲线、控制器的响应速度和控制精度等数据。通过对这些数据的分析,可以发现控制系统存在的问题和不足,并进行优化和改进。

结语:总之,通过以上分析,我们可以设计一个基于PLC的加热炉炉温控制系统。该系统可以实现加热炉的准确、稳定、安全控制。在系统设计和实施过程中,我们需要根据控制需求和物理特性选择合适的硬件和软件,并进行精细的调试和测试。该系统对于工业生产和能源消耗具有重要的意义,可以为相关领域的研究和应用提供参考和帮助。

### 参考文献

- [1]戴薪禄,王春光.基于PLC的加热炉温度控制系统设计[J].工业控制计算机,2019,32(11):106-108.
- [2]李宁,王俊杰,朱永刚.基于PLC的加热炉自动控制系统设计[J].制造业自动化,2018,40(6):150-153.
- [3]王文华.基于PLC的加热炉温度控制系统设计[J].自动化技术与应用,2018,37(4):99-102.
- [4]郑鹏宇,王晓宇,高峰,等.基于PLC的加热炉温度控制系统的研究与设计[J].仪器仪表用户,2020,27(1):34-37.