

基于PLC的压铸机控制系统设计

钟小锋¹ 管尔武² 杨成泉³ 郭 龙¹ 赵苏海⁴

1. 宁波力劲科技有限公司 浙江 宁波 315806

2. 浙江省机械工业联合会 浙江 杭州 310002

3. 浙江平易信息科技有限公司 浙江 宁波 315800

4. 宁波金朔智能科技有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：压铸机在现代工业生产中占据着重要地位，其运行的高效性与稳定性直接影响着压铸产品的质量和生产效率。本文围绕基于 PLC 的压铸机控制系统设计展开探讨。首先对压铸机系统建模及控制原理深入分析，明晰其工作流程与 PLC 在其中的功能规划。接着阐述 PLC 控制系统设计相关内容，涵盖顺序功能设计、硬件选型以及梯形图设计等方面。同时着重介绍了控制系统的抗干扰设计，从硬件和软件两维度采取措施保障系统稳定。此外，还详述了系统仿真软件调试与现场调试的流程与要点，旨在通过完善的设计与调试，实现压铸机高效、稳定、精准的自动化控制。

关键词：基于PLC；压铸机；控制系统；设计

引言：压铸机在现代制造业中占据重要地位，其传统控制方式逐渐难以满足高效生产与精准控制的需求。随着 PLC 技术的不断发展，将其应用于压铸机控制系统成为提升性能的有效途径。本文旨在详细设计基于 PLC 的压铸机控制系统，通过分析压铸机工作原理、规划 PLC 功能、精心设计控制系统及做好抗干扰与调试工作等，提升压铸机自动化控制水平，助力压铸生产高质量、高效率开展。

1 压铸机系统建模及控制原理分析

1.1 压铸机工作流程

1.1.1 单周操作模式

单周操作模式是压铸机手动调试与单次生产的重要方式。启动后，首先执行合模动作，合模机构依据设定参数缓慢合拢模具并锁定。接着进行压射操作，将液态金属高速注入模具型腔，随后保压一段时间确保金属填充紧实。之后进入冷却阶段，待铸件凝固成型，依次完成开模和顶出动作，取出铸件，完成单次压铸循环，此模式便于设备检修与工艺参数初步设定。

1.1.2 自动连续运行模式

自动连续运行模式旨在实现高效批量生产。在该模式下，压铸机按预设程序自动循环工作。启动指令下达后，合模、压射、保压、冷却、开模、顶出等工序依次自动衔接，无需人工干预单个循环的启停。系统持续监测各环节参数，如遇异常自动报警并采取相应保护措施。该模式极大提高了生产效率，降低人工成本，保证产品质量的稳定性与一致性，适用于大规模、标准化压铸生产。

1.2 PLC在压铸机控制中的功能规划

1.2.1 电磁阀控制

PLC 在压铸机电磁阀控制中起着核心作用。它依据压铸工艺的不同阶段和设定参数，精准输出控制信号给电磁阀。在合模阶段，控制合模电磁阀的通断与开度，使合模动作平稳且能达到合适的锁模力。压射时，调节压射电磁阀，精确控制压射速度与压力曲线，确保金属液能顺畅且高效地填充模具型腔。顶出、开模等过程同理，通过对电磁阀的有序控制，保障压铸机各动作流畅、精准地完成。

1.2.2 传感器信号处理

PLC 对压铸机各类传感器信号的处理至关重要。压力传感器信号反映压射、合模等压力值，PLC 实时采集并与预设压力范围对比，超出则报警并调整相关动作。位置传感器信号告知合模、开模及顶出位置，PLC 依此确定动作切换时机，保证动作准确性。温度传感器信号用于监测模具与金属液温度，PLC 据此调控冷却系统或加热装置，使温度维持在工艺要求范围内，从而确保压铸过程稳定，产品质量可靠^[1]。

2 PLC 控制系统设计

2.1 基于PLC顺序功能压铸机控制设计

2.1.1 顺序功能图的建立（以西门子S7-200为例）

在基于西门子 S7-200 PLC 的压铸机顺序功能控制设计中，顺序功能图的建立是关键环节。首先，明确压铸机的工作流程，将其划分为多个顺序步，如初始步、合模步、压射步、保压步、冷却步、开模步和顶出步等。每个步代表一个特定的动作或状态。以初始步为起

始,当满足启动条件时,转换至合模步,合模电磁阀得电,合模动作开始,同时监测合模到位信号。合模完成后,转换至压射步,压射机构依据设定参数工作,此过程中对压射压力与速度进行监控与控制。后续各步依次类推,在保压步保持压力稳定,冷却步控制冷却时间,开模步与顶出步完成铸件脱模。各步之间通过转换条件相互衔接,形成完整且严谨的顺序功能图,为后续 PLC 梯形图编程奠定坚实基础,实现压铸机自动化、精确化控制。

2.2 硬件选型

2.2.1 PLC型号选择

在选择用于压铸机控制的 PLC 型号时,需综合多方面因素。对于压铸机复杂的控制任务,应考虑选用具有较高运算速度和较大内存容量的型号,如西门子 S7-1200 系列。其具备丰富的指令集,可轻松应对诸如复杂的逻辑运算、精确的定时控制以及高速计数等要求,满足压铸机各工序间精准的顺序控制与实时数据处理,该系列 PLC 拥有良好的扩展性,方便后续根据生产需求添加特殊功能模块,如模拟量输入输出模块以处理压力、温度等传感器信号,确保系统的兼容性与可升级性。

2.2.2 其他硬件元件选择

除 PLC 外,其他硬件元件的选型同样关键。传感器方面,压力传感器需选用高精度、高可靠性的型号,例如扩散硅压力传感器,能够精确测量压铸过程中的各种压力变化,为 PLC 提供准确的压力反馈。位置传感器可采用接近开关或光电传感器,用于检测模具开合位置及顶出位置等。执行元件中,电磁阀要根据流量与压力要求选型,确保其能快速响应 PLC 指令,精准控制液压油的流向与流量,实现压铸机各机械动作的平稳运行。

2.3 压铸机PLC控制系统梯形图设计

2.3.1 公用子程序设计

公用子程序主要处理压铸机控制中的通用任务。它负责系统初始化操作,如设定 PLC 内部寄存器初始值、初始化各输入输出端口状态等,确保系统启动时处于稳定的预设状态。同时,对一些常用的计算与数据转换功能进行整合,例如将传感器采集的模拟量信号进行标准化处理,以便在不同控制模块中直接使用。此外,公用子程序还包含对系统基本故障检测与报警功能,如电源监测、通信链路检查等,一旦发现异常立即向主程序反馈并触发相应报警机制,为整个压铸机控制系统的稳定运行提供基础保障。

2.3.2 手动子程序设计

手动子程序专注于实现压铸机的手动操作控制。在该

子程序中,针对合模、压射、开模、顶出等各个动作分别设置独立的控制逻辑。通过操作面板上对应的按钮输入信号,触发 PLC 输出相应的控制指令给执行元件。例如,按下合模手动按钮,PLC 输出信号使合模电磁阀得电,模具开始缓慢合模,同时实时监测合模位置传感器信号,当达到设定合模位置或松开按钮时停止合模动作。

2.3.3 自动子程序设计

自动子程序依据压铸机的标准工艺流程设计。从初始状态开始,按照合模、压射、保压、冷却、开模、顶出的顺序依次自动执行各工序。每个工序都有精确的时间控制和条件判断逻辑。例如,合模完成且压力达到设定值后,自动触发压射工序,压射过程中根据预设的速度和压力曲线进行控制,通过反馈信号不断调整。保压时间根据铸件工艺要求设定,冷却时间则依据模具温度传感器数据确定^[2]。

3 PLC 的压铸机控制系统抗干扰设计

3.1 硬件抗干扰措施

3.1.1 电源抗干扰

电源是压铸机 PLC 控制系统稳定运行的关键。采用隔离变压器可有效隔离电网中的高频干扰,防止其窜入系统,在电源输入端加装滤波器,滤除电源线上的杂波与尖峰脉冲,使输入电源更纯净。此外,为应对电源突然断电或电压大幅波动,配置不间断电源(UPS),在市电异常时能继续为系统供电一段时间,保证数据不丢失并使设备有序停止或切换到安全状态,减少因电源问题导致的系统故障与数据错误,为 PLC 控制系统提供稳定可靠的电力保障。

3.1.2 输入输出电路抗干扰

在输入电路方面,对传感器等输入信号采用屏蔽电缆传输,屏蔽层良好接地,减少外界电磁干扰对信号的影响。在 PLC 输入端设置光耦隔离器,将输入信号与内部电路电气隔离,防止外部干扰信号通过输入线路损坏 PLC 核心电路。对于输出电路,同样使用屏蔽电缆连接执行元件,如电磁阀、接触器等,避免输出信号受干扰而误动作。在输出端增加继电器隔离,增强驱动能力的同时,进一步隔离内外电路,保障 PLC 输出信号稳定可靠地控制外部设备,确保压铸机各动作精准执行,提高系统整体抗干扰性能。

3.2 软件抗干扰设计

3.2.1 数字滤波

数字滤波是软件抗干扰的重要手段。针对传感器采集的各类模拟量信号,如压力、温度等,采用不同的数字滤波算法。例如,对于变化较为缓慢的温度信号,可运用算

术平均滤波法,连续采集多个数据并求平均值,有效平滑信号中的随机干扰。而对于压力等可能存在脉冲干扰的信号,则采用中值滤波法,对一组数据排序后取中间值作为有效数据,能较好地剔除突发的脉冲干扰。

3.2.2 程序冗余与纠错

程序冗余与纠错可增强系统的可靠性。在程序设计中设置冗余指令,如在关键数据处理和控制逻辑部分,重复执行相同或类似的指令序列,当某一指令因干扰出错时,冗余指令可保证结果的正确性,采用错误检测与纠正码(如CRC码)对数据进行编码传输和存储,接收端或使用前进行校验,若发现错误可自动纠错或触发报警并请求重传。

4 系统调试

4.1 系统仿真软件调试

4.1.1 仿真软件的选择在压铸机PLC控制系统调试中,选择合适的仿真软件至关重要。例如西门子的S7-PLCSIM仿真软件,它与西门子S7系列PLC高度兼容。其优势在于能够精确模拟PLC的各种硬件资源,包括输入输出点、定时器、计数器等,可在无实际硬件设备连接的情况下对编写的PLC程序进行全面测试。它支持梯形图、语句表等多种编程语言的程序调试,方便用户根据自己的编程习惯进行操作。而且,该仿真软件能够实时显示程序运行状态,如各变量的值、程序执行步骤等,使调试人员可以直观地观察到程序的运行逻辑是否正确,有助于快速定位和解决潜在的程序错误,大大提高了调试效率并降低了调试成本。

4.1.2 调试过程

首先,将编写好的PLC控制程序导入到选定的仿真软件中,如S7-PLCSIM。然后,在仿真软件中创建虚拟的输入输出信号,模拟压铸机实际运行时的各种传感器和按钮信号。例如,设置虚拟的合模到位信号、压射压力信号等。启动仿真后,观察程序的执行情况,查看各输出点的状态是否与预期相符。在调试过程中,逐步改变输入信号的状态和参数,如模拟不同的压力值、位置信号等,以测试程序在各种工况下的响应。若发现输出结果与预期不一致,通过软件的调试工具,如断点设置、变量监视等功能,深入分析程序逻辑,检查可能存在的错误,如定时器设置错误、逻辑判断条件不准确等。

4.2 现场调试

4.2.1 调试前的准备工作

在进行压铸机PLC控制系统的现场调试前,需完成多方面准备。首先要对硬件设备进行全面检查,包括PLC主机、输入输出模块、传感器、执行器等安装牢固性与接线正确性,确保无松动、短路或断路情况。同时,核对PLC程序与设计要求的 consistency,备份原始程序以防调试过程中出现意外。准备好必要的调试工具,如万用表、示波器等用于检测电气信号。此外,清理调试现场,保证操作空间安全无障,并通知相关人员调试计划与注意事项,尤其是涉及到可能的设备动作与安全风险,确保所有人员知晓并做好防护准备,为现场调试顺利开展奠定基础。

4.2.2 调试过程

现场调试从空载测试开始,先手动操作各动作,如合模、开模、压射等,检查机械部件运行是否顺畅,有无卡滞或异常声响,同时观察PLC输入输出信号变化是否正确反映设备状态。然后进行模拟负载调试,通过在模具内放置模拟物或设定部分负载参数,让压铸机在近似实际工况下运行,测试压力、温度、速度等控制的精准度,根据实际情况微调PLC程序中的控制参数。最后进行带载调试,投入实际生产物料,全面监测整个压铸周期,从合模到产品顶出,检查产品质量是否达标,设备运行是否稳定可靠,如发现问题及时分析原因并调整PLC程序或硬件设置,直至系统满足生产要求^[3]。

结束语

在本次基于PLC的压铸机控制系统设计中,通过深入剖析压铸机工作流程与控制原理,精心规划PLC功能,严谨开展控制系统设计、抗干扰设计以及系统调试等工作,构建起一套较为完善的自动化控制体系。该系统在提高压铸机运行效率、保障产品质量稳定性方面成效显著,且具备良好的可靠性与抗干扰能力,能有效适应复杂工业环境。

参考文献

- [1]王素粉,秦冲,朱有洪.基于PLC的压铸机控制系统设计[J].铸造技术,2019,37(4):790-793
- [2]王东辉,赵毅飞.基于PLC的冷室压铸机自动控制系统设计[J].铸造技术,2019,36(6):1569-1570
- [3]张培彦,余泽通.基于PLC的低压铸造机自动控制系统设计[J].铸造技术,2019,36(7):1863-1864.