

[PLC]

基于PLC的机械压力机控制系统设计

文/任 阳
河南工业和信息化职业学院

在推动机械压力机控制系统质量、效率提升且保障运作安全性的目的下，本研究以智能化、人性化为前提，设计了一套以PLC为核心的压力机控制系统，重点介绍了本次系统的整体架构，概括了PLC、I/O系统、变频器调速装置、网络通信的硬件设计，主电动机运行、润滑系统、压力机及ADC自动换模的主要软件设计，并在调试中证实了该系统的可操作性。

机械压力机是一种应用于机械加工的重要设备，在航天、航空、五金及汽车等各个领域都得到了广泛运用。机械压力机在运作期间，有较快的冲压速度，有着非常高的危险性，为此，全面提升机械压力机的安全性能是控制研究领域恒久不变的话题。伴随着我国科学技术水平的提升，机械压力机的研发、设计与制造水平都有了显著的进步，部分系列已经跻身国际控制技术行列。但与工业发达的国家相比，我国在这方面的研究成果仍然相对落后。近年来，发达国家针对伺服压力机已经取得突破性进展，推动大功率伺服电动机及其数控驱动系

统日渐成熟，多工位压力机也随之得到了广泛运用。为此，在不断更新换代的机械压力制造领域，只有不断加强对机械压力机控制系统的优化，才能够在保障整体运作安全性的同时，为电气控制系统及其控制方法的完善奠定基础。

机械压力电气控制系统结构

本次设计的机械压力电气控制系统，主要是通过三相380 V、50 Hz的电源来保证供电。采用西门子S7-300系列可编程序控制器（PLC）作为核心元件。系统架构如图1所示。

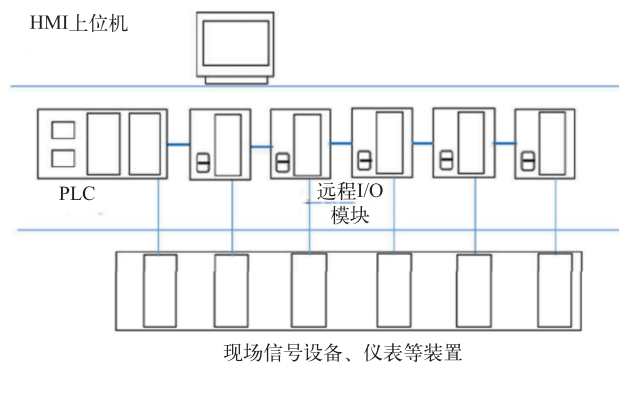


图1 压力机控制系统构架

本次控制以S7-315-2PN/DP主控制器作为核心主站，经由Profibus-DP网络通信线实现主站与分站的相互连接，构建一个完整的分布式控制网络体系，借助数据来完成信息的交通互换。主站在接收到数据信息之后，即可通过中心处理器来实现有效处理，随后通过其他分站单元协调调控，确保控制系统各项要求均能够得到满足。

主要硬件设计

1. PLC

目前，市面上常见的PLC品牌非常多，包括400多种。但结合机械压力机控制系统的运作条件来看，不仅环境较为恶劣，工作需求量非常大，同时还需要连接众多复杂的外部器件，故最终确定采用模块式PLC。而德国西门子（SIEMENS）的S7-300系列是一种功能强大、先进的PLC，能够与系统控制程序容量、系统工艺性能实现全面控制，与研究要求相一致，最终确定选用该PLC。

2. I/O 系统

I/O系统是压力控制系统非常重要的组成部分，其能够担负起丰富信号模块的处理工作。本研究在综合考虑系统整体架构基础上，采用SIMATIC ET 200S分布式I/O系统，其具有IP20的防护等级，能够实现对变频器、启动器及总线通信的支撑，同时还佩戴有相应的电热插拔功能，能够在较为轻松的状态下实现对模块的更换处理，还能够实现对短路、断线等问题的诊断。

3. 变频器调速装置

在设计中，变频器调速装置旨在提高系统的节能性能，但对本身的输出频率有着非常高的精度要求，必须保障其能够控制在0.1%~0.01%范围内，同时要求在内部嵌入完整的保护与检测功能，为此，本研究采取了SINAMICS G120 模块式变频器，其主要是由功率单元PM240与控制单元CU250S-2DP两个部分组成，同时配置有相应的滤波器、操作面板及制动电阻。该变频器所采取的软启动模式，还能够有效降低配电网对电容量的需求和冲击，更好地保障电气设备。具体模块及其功能如下。

(1) 功率模块

主要用于保障电动机供电需求，其功率范围为

0.37~250 kW。该模块主要采用较为先进的脉宽调制功能、IGBT技术，最大程度上保障了整体运作灵活性和可靠性。基本参数：额定电流为250 A；额定功率为132 kW。

(2) 控制单元

控制单元主要为CU250S-2 DP，能够实现对相互连接电动机的有效监测与控制，还可结合设备的特点选取多种相对应的控制模式，并且该控制单元组件还能够与本地或者中央控制系统、监控设备建立起通信连接。

(3) 电源滤波器

该单元可以实现对射频信号干扰问题的改善，提升整个系统的运作稳定性。

(4) 操作面板

结合设计总体要求，主要配置BOP-2面板，有菜单导航以及两行屏功能，可以有效实现对变频器的调试处理，同时也能够实现对参数值等各方面信息的有效处理，最大化简化调试过程。

本次设计所采用的SINAMICS G120属于模块式变频器，其有着非常强大的功能，同时还能够自主抵抗外界干扰，安装也非常简单方便，具体结构如图2所示。

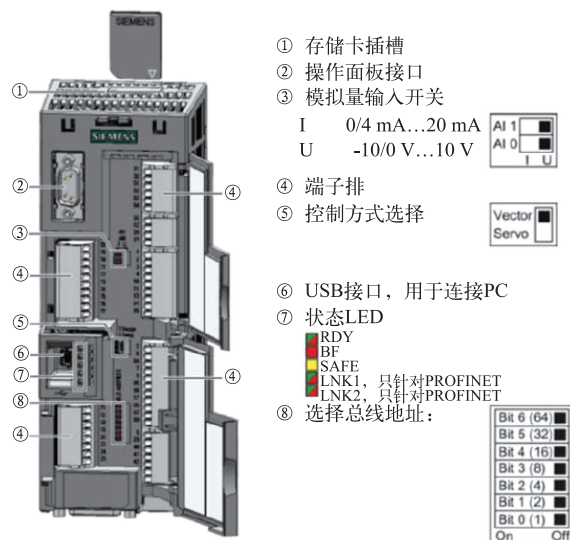


图2 变频器典型接口结构图

4. 控制系统网络通信

在PLC为核心组件的机械压力控制系统中，保障其高质量通信非常关键。本次设计的PLC在与各个远程分站单元建立通信时，主要采取的是

Profibus-DP总线通信方案,而针对控制器与触摸屏、控制器与PC端之间则采取的是Ethernet通信方案。

5. 控制系统主要工作站设计

结合本次所设计的机械压力机控制系统的实际情况来看,其主要设置在电气控制柜内,压力机的部分仪器仪表、操作按钮以及人机界面(HMI)等均统一安排于右前方主立柱的按钮站控制柜内,工作人员能够结合实际需求对移动按钮站实施操作,从而完成对压力机日常运作的控制。整个控制系统主要包括七个不同的控制模块单元,即变频驱动柜、电控柜主站等,因涉及单元较多导致其主体中还设置了大量的接线盒。不同的分站单元本身有着不同的控制需求,为此,设计的要点是不同单元的分析设计包括不同分站单元的外部界限、单元作用分析及PLC输入/输出地址的合理分配,同时能够针对性地对分站单元编辑对应的标号,例如:变频调速装置设定为11号站、CPU设定为2号站及横梁分站设定为15号站等。其余的各个控制系统辅助接线盒不做深入分析。本次压力机在进行设计器件时,必须同时配置相应的指示、操作、安全保护及连锁保护装置,同时必须确保其能够与GB 5226—2002《机床电气设备通用技术条件》和JB 3350—1983《机械压力机安全技术条件》中相关要求一致。

主要软件设计

1. 主电动机运行控制程序设计

该控制程序主要是基于微调工作模式或者压力机的运作流程来实现速度的调控。主电动机在启动之后,必须确保变频器、润滑系统等处于正常状态,随后指示灯亮起。主电动机的启动主要是通过变频器控制来实现信号的传输。具体过程为:通过网络传输启动、停止信号,将其传递给变频器,确定运转速度,经由HMI触摸屏完成相关参数设定,经由PLC运算处理,基于变频器参数下载运行速度。具体原理是基于Profibus总线信号下实现转速设定值的连接,通过百分比的方式经窗口输入对应参数,再经由参考转速周期性转换获得转速设定值。变频器在获得相应数值之后,通过实施反馈确定电极转速。例如:电动机最大转速为18次,变频

器参数转速值为16 384,经过运算后获得比例因子910.22。

2. 润滑系统控制程序设计

润滑系统是压力机系统非常重要的组成部分,在控制期间除了需要保障其能够实现表面摩擦问题控制,还必须尽可能地降低机械磨损、定量耗损,提升整个设备的运作寿命。在润滑系统控制中还必须加强对腐蚀、清洗及冷却等问题的控制。为此,针对该系统的控制程序设计,主要基于其主要元器件,打造闭环控制程序。在启动润滑系统之后,必须闭合油泵电动机断路器QF5,随后将电柜冷却断路器QF10、QF11闭合,并对油位情况进行检测。若油位处于高位,亮起高位指示灯;若为低位,则亮起低位指示灯。低位灯联动滑动模块,超出预警值后即可停止润滑以及模块运作。

3. 压力机行程控制设计

在压力机运作期间,保障滑块正常运行是控制的主要目标。根据压力机形成控制设计的要求,通过离合器、电动调速装置来实现整体运作控制,前者负责系统脱开或者结合调整,后者则负责飞轮旋转控制与管理。当滑块在运作时,通过互相连锁来实现对程序的控制,离合器即可开始相互对接,飞轮即可经由离合器将其传递给后续从动部分,确保滑块做功。根据参数结果来看,在最低行程下,行程为8 SPM,实际转速为579.97 r/min;而在最高行程下,行程为18 SPM,那么实际电极转速为1 304.93 r/min。

4. ADC自动换模功能控制设计

在控制系统中,为了保障压力机自动控制性能,最主要的难点在于自动换模时的错误控制。根据ADC自动换模的具体步骤,对其具体流程做出分解处理,最终设计了全新的模块操作流程和监控画面。具体为通过触摸屏控制系统,完成配方数据设计,输入相关模具信息,切入到自动换模功能,操作人员只需要通过触摸屏即可获取模具信息。在运行期间针对卡顿问题,主要配合超时检测程序段实施动态监控。再对ADC功能进行调试运行,可以实现运作流程的实时动态监测,以绿色表示运作完成,若显示为红色即表示运作期间发现有错误环节。自动换模监控示意图如图3所示。

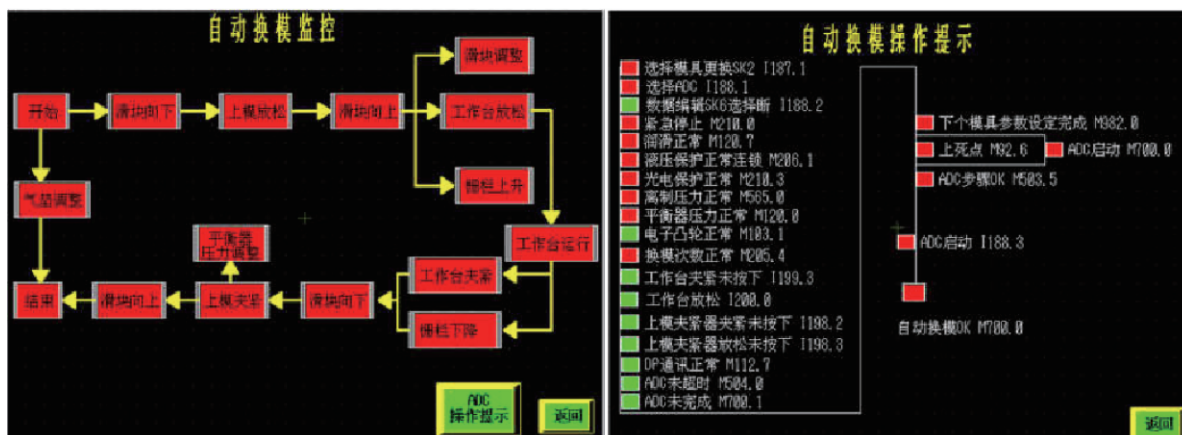


图3 自动换模机监控示意图

结束语

本研究结合机械压力机电气控制系统的特点，提出了以PLC为核心的控制系统，从硬件、软件方面做出设计处理，确保每个环节均能够更好地实现数据的交互、功能的对接，提升控制系统的整体智能化、人性化，并最大程度降低故障率，保障生产效率和质量。EA

(收稿日期：2022-05-11)

参考文献

- [1] 陈若愚, 孙宇, 孔令成. 压力机智能温控系统设计和仿真研究[J]. 机械制造与自动化, 2021, 50(4): 92-96.
- [2] 张诗雨. 人工智能方法在热模锻压力机故障诊断技术中的应用——评《实用模具设计与生产应用手册：挤压模与热锻模》[J]. 锻压技术, 2021, 46(6): 238.
- [3] 王晓飞. 旋转机械电动振动台的PLC自动控制

器设计[J]. 制造业自动化, 2021, 43(12): 58-61, 151.

- [4] 徐俏斌. 旋转机械电动振动台的PLC自动控制器设计[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(1): 128-131, 144.
- [5] 朱文琦. 基于PLC和粒子群算法的采摘机械手电气控制系统[J]. 农机化研究, 2021, 43(12): 238-241, 246.
- [6] 张杰, 孟国前. 机械电气控制装置PLC技术的应用[J]. 电子测试, 2021(20): 139-140.
- [7] 何继贤. PLC自动化技术在农业机械电气控制中的应用[J]. 农机使用与维修, 2021(6): 29-30.
- [8] 龚成林. 基于PLC的伺服灌装机系统设计[J]. 电气应用, 2020, 39(11): 62-65.
- [9] 苏静. 基于PLC的通风机监控系统设计[J]. 电气应用, 2021, 40(3): 66-72.
- [10] 舒心蕾, 高阳. 智能配电网保护自愈控制系统研究[J]. 电气应用, 2021, 40(11): 42-46.

