

基于 PLC 的焊接摆动器控制系统设计

张永胜 马晓燕

(阿拉善职业技术学院 机电工程系, 内蒙古 阿拉善盟 750336)

摘要 为了提高焊接精度,提升焊接质量和焊接效率,设计了一款具有良好交互界面的焊接摆动器自动控制系统。首先分析了焊接摆动器机械结构,并在此基础上设计了一套以欧姆龙 CP1H PLC 为控制核心、威纶触摸屏为人机交互系统、松下伺服电机执行驱动的焊接摆动控制系统,详细给出了控制系统硬件结构。并在硬件结构基础上,进行了控制系统软件设计。最后对该控制系统进行了试验验证,试验结果表明该系统在拥有友好的显示界面、性能可靠、稳定性强的前提下,具有较高的定位精度,能够满足焊接过程中焊枪摆动的需要。

关键词: 焊接 摆动器 PLC 触摸屏

中图分类号: TG435

0 前言

随着高度自动化焊接技术的快速发展,对焊接构件的焊接精度、焊接质量以及焊接速度的要求越来越高^[1-3]。为了提高堆焊效率,提高焊缝层面的焊接质量和焊点精度,减小焊接不合格件的产生,增强自动焊接设备对于不同焊件厚度以及焊接要求的适应能力,提升焊接设备的自动化程度,通常采用高度自动化的摆动器^[4-6]。在焊接过程中摆动器按照一定轨迹均匀摆动,可以增加焊道宽度,能够显著提高焊道宽度均匀度,使焊件表面光滑度更好。此外,摆动器摆动可以有效减小焊层厚度,能够实现多层次多道焊接。

随着交流伺服技术的不断进步以及价格的下降,利用它驱动的摆动器越来越多。该驱动方式与传统的偏心连杆摆动器和步进电机驱动的摆动器相比,该驱动方式能够满足摆动过程中摆动速度和摆动宽度的精确控制,并能够根据脉冲反馈值进行自适应补偿。文献[7]设计了一款基于 DSP 的焊接摆动控制器系统,该系统以 DSP 芯片 TMS320LF2407A 作为核心控制芯片,但该系统开发周期长、抗干扰能力差、编程复杂。文献[8]提出了一种基于 STC 单片机的焊接摆动控制系统,该系统采用的直流电机控制执行机构进行摆动焊接,是用改变电机电枢电压的接通和断开的时间比即占空比来控制马达的速度,该控制方式

定位精度较低。

PLC 即可编程控制器,是一种专为工业环境而设计的计算机。PLC 采用“面向用户指令”,编程方便,易于使用。PLC 在电子线路、机械结构以及软件结构上都采取了特殊措施,抗干扰能力强,可靠性高,而且 PLC 系统设计、施工和调试的周期短,节省时间。为了缩短焊接摆动控制系统的开发周期,降低成本,提高控制系统抗干扰性以及可编程性,文中提出了一种基于可编程控制器 PLC 与触摸屏相结合的焊接摆动器控制系统,通过与伺服电机以及上位机触摸屏的结合,使得焊接摆动器参数输入更加简便,同时提高了焊接质量和效率。

1 焊接摆动器机械结构

焊接摆动器是一种通过驱动系统带动焊枪来回往返运动的机构,实现这种往返运动的驱动系统主要由电磁驱动系统、直线电机驱动系统以及伺服驱动系统三大系统。电磁驱动系统主要通过电磁原理进行运动控制,但这种控制方式定位精度较低,导致焊接效果不理想;直线电机驱动主要是通过直线电机直接转化为直线运动,这种驱动方式进给速度特性好,加速周期短,但这种控制方法速度波动性较大,对于机械机构损伤较为厉害;伺服驱动系统是通过减速器将旋转电机的旋转运动转换为直线运动,这种驱动方式,结构简单,且电机加减速度便于控制,可以大大提高焊接精度以及焊接美观度,提高焊接摆动器的可控性。为此采用伺服电机作为摆动器的驱动来源,通过

滚珠丝杠进行运动传递,从而实现对焊接摆动器的精确控制。

滚珠丝杠是将直线运动转化为旋转运动或者将旋转运动转化为直线运动的机械结构,这种结构的主要特点是将轴承从滑动变成滚动,这种结构摩擦力较小,从而在各大精密工业设备中被广泛使用。滚珠丝杠主要由丝杠、滚珠轴承等组成,如图1所示,通过丝杠参数以及减速比可以实现对摆动器的精确定位控制。

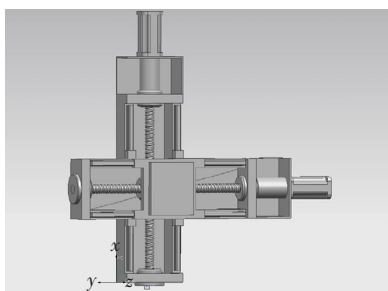


图1 摆动器机械结构

2 控制硬件结构设计

焊接摆动器主要由执行结构和驱动控制系统两大部分组成,采用触摸屏和PLC相结合的控制模式,焊接摆动控制系统硬件结构如图2所示,通过触摸屏设置控制参数,PLC可编程控制器对伺服电机发送定位控制脉冲对伺服驱动系统进行精确定位控制,而光电传感器和限位传感器将采集到的信号传送给PLC,PLC再根据信号状态做出判断,以便下发准确的运动指令^[9]。触摸屏、PLC以及伺服系统等组合在一起便构成了焊接摆动器的控制系统。

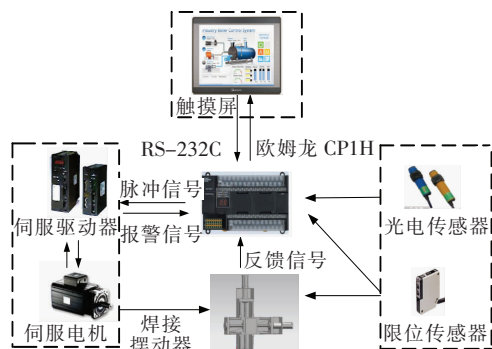


图2 控制系统硬件框图

2.1 触摸屏

触摸屏简称HMI,主要作用是输入控制参数以及将摆动器控制系统各执行机构状态进行显示,由于焊

接摆动器工作环境复杂恶劣,为了保证焊接设备能够高效稳定可靠运行,同时考虑实用性和产品成本,该控制系统选择威纶公司生产的MT6070iH。通过触摸屏可实现摆动幅值、摆动速度、左停时间、右停时间等参数的设置,并实现对摆动器运行状态等信息的有效监控^[10]。MT6070iH系统触摸屏拥有RS-232串口,通过该串口实现与PLC的实时通信,拥有400 MHz的32位RISC处理速度,并能够承受超高电压500 V AC 1 min。

2.2 PLC

针对摆动器控制系统主要对伺服电机进行精确定位运行控制,并兼顾系统设计成本,文中选择欧姆龙CP系统CP1H PLC,该款PLC拥有4轴脉冲输出,可以实现4轴同步控制,拥有先进的S加减速速度控制方式,从而可以实现精确定位控制,并可减小设备因加减速变化出现振动,大大提高了摆动器生命周期;该款PLC拥有高速的指令处理管理,有助于提升整个系统的高速化;在串行通信功能方面可以根据需求进行任意配置RS232和RS485串口,以实现与触摸屏的实时通信。

2.3 伺服系统

图3为伺服驱动器的硬件连接电路图。焊接摆动器伺服系统包括伺服驱动器和伺服电机,PLC给伺服驱动器发送脉冲命令,驱动伺服电机运动,伺服电机通过同步带或减速器带动摆动器运动,实现摆动焊接作业任务。该系统选用的是松下MINAS-A5系列伺服。MINAS-A5系列是松下公司的最新工业产品,是原同

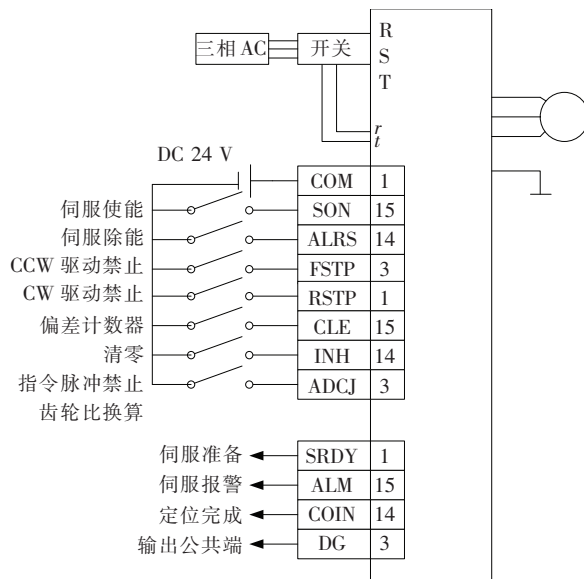


图3 伺服电机控制系统

类产品的升级。

为了对焊接摆动器精确定位,该系统采用伺服电机对滚珠丝杠进行运动控制。伺服驱动器可以通过接收 PLC 控制的伺服驱动器的外部脉冲和模拟量实现摆动器的位置和速度控制^[11]。该系统因要精确控制摆动器的位置运动,并将通过接收到 PLC 发出的脉冲的个数,精确控制伺服电动机的速度与方向。

3 控制系统软件设计

3.1 焊接参数输入设计

焊接摆动器控制系统采用威纶 MT6070iH 人机交互系统对焊接参数进行输入,威纶触摸屏自带 EB8000 编程软件,通过该编程软件编制焊接摆动器参数输入画面,画面如图 4 所示,画面中的输入框中的地址与 PLC 中地址相对应。

在触摸屏宏指令中可以使用数据寄存器存储几组常用的焊接参数,在焊接过程中可以快速的调取焊接参数,从而完成参数设置。因此在实际加工过程中,一般的焊接工人只需选择合适的参数便可直接进行焊接,从而增加了焊接摆动器的实用性。



(a) 总体



(b) 内外枪

图 4 参数设置画面

3.2 摆动过程设计

伺服电机通过接收 PLC 脉冲端口发送来的脉冲和

脉冲频率来实现转动,整个摆动过程如图 5 所示。通过控制电机正反转实现焊枪左右摆动,通过触摸屏设置左右停顿时间参数以实现左右边界以及中心的停顿^[12]。根据焊接实际情况,调整停顿时间,从而实现多种焊接工艺的需要。

3.3 加减速运动控制

焊接摆动器在运动过程中会因为加减速变化出现冲击、超程或者振荡,为了避免上述现象,提升焊接精度,文中采用 S 曲线的加减速运动控制方式,对伺服系统的伺服电机进行加减速控制。合适的加减速控制可以有效提高机械结构的稳定性,并可以有效提高摆动器的位置控制精度^[13]。文中采用 CP1H 中的 PLS2 指令实现摆动器的加减速控制,加减速控制曲线如图 6 所示,S 形加减速的加减速曲线将设定的加减速比率的直线通过 3 次函数变为近似曲线(与 3 次多项式近似)。

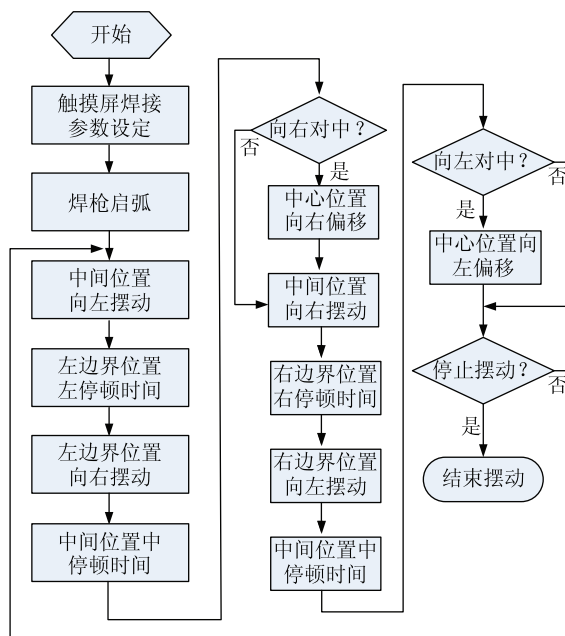


图 5 焊枪摆动流程

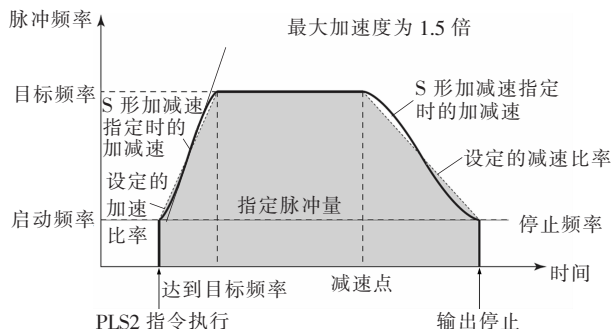


图 6 加减速控制曲线

4 试验分析

为了验证焊接摆动器控制系统的稳定性、可靠性以及精确性,搭建了如图7所示的试验平台进行试验分析,通过摆动精度来分析该系统的控制稳定性。在触摸屏上对焊接外枪参数进行设置,摆动摆幅设置20 mm和15 mm,摆动速度设置为20 mm/s,40 mm/s,50 mm/s,每个位置停留0.5 s。该试验平台依靠丝杠线性滑动为执行机构,以模拟真实的焊接摆动试验。



图7 试验平台

通过PLC发送3组不同脉冲,即给定电机不同转速的情况下,测量一定幅度下焊接摆动器的摆动误差,测量数据见表1。由表1中试验数据可以看出,在输入一定的速度和摆动幅度后,焊接摆动器的实际摆动幅度能够在规定的误差范围内变化,由此可以看出该系统拥有较高的控制精度,完全能够满足多种焊接工艺的需要^[14]。

表1 不同速度和摆动幅度下摆动误差

摆动速度 $v/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	摆动幅度误差/mm	
	摆动幅度 20 mm	摆动幅度 15 mm
20	0.02, 0.03, -0.01	-0.01, 0.02, -0.03
40	0.03, 0.02, -0.02	-0.03, -0.01, -0.02
50	-0.03, -0.01, -0.02	0.03, 0.02, -0.02

5 结束语

为了提高焊接控制自动化程度,提高焊接精度和焊接质量,设计了一款基于人机触摸屏和PLC的焊接摆动器控制系统,详细介绍了整个系统的硬件结构,

并在硬件结构基础上设计具有良好交互功能的人机界面,并给出了摆动器动作流程以及加减速运动控制方法。该控制系统继承了PLC的抗干扰能力强、稳定性高等优点,最后的试验数据表明,该控制系统能够实现摆动器的高精度来回摆动,能够满足实际生产的需要。

参考文献

- [1] 张文明,柏久阳,许强.窄间隙埋弧焊焊接摆动器设计[J].热加工工艺,2012,41(15):194-196.
- [2] 王滨,刘鸿均,张文明.基于DSC的焊枪摆动控制系统研究[J].热加工工艺,2011,11(8):139-142.
- [3] 蔡锦达,张金东,马天驹,等.基于交流伺服电机的焊接摆动器设计[J].自动化与仪器仪表,2009(6):22-23.
- [4] 王铁钧,崔彤.焊枪摆动系统在焊接中的应用[J].焊接,2004(1):39-41.
- [5] 莫立东.基于Nios II的焊接摆动器伺服系统设计[D].沈阳:沈阳大学硕士学位论文,2010.
- [6] 吕品.PLC和触摸屏组合控制系统的应用[J].自动化仪表,2010(8):45-47.
- [7] 蒋爽,姚河清,钱丽娜.基于DSP的焊接摆动器研制[J].电焊机,2009(10):78-80.
- [8] 矫晓龙,朱虔劼,祝雪妹.基于STC单片机的焊接摆动器控制系统的设计[J].南京师范大学学报(工程技术版),2010(10):17-21.
- [9] 李强.基于PIC单片机的煤矿电力智能控制系统设计[J].煤矿机械,2014,35(2):190-191.
- [10] 江伟,谢再晋.PLC与触摸屏组建两轴数控点焊控制系统[J].焊接技术,2017,46(7):61-65.
- [11] 刘承林,叶建雄,牛尚斌.基于三轴伺服驱动自动焊接系统设计[J].南昌工程学院学报,2018,37(3):81-84.
- [12] 许强.焊接摆动器嵌入式控制系统研制[D].沈阳:沈阳大学硕士学位论文,2013.
- [13] 彭建军,谢丽君.基于PLC焊接摆动器控制系统的设计[J].数字技术与应用,2016(11):3.
- [14] 刘鸿均.窄间隙埋弧焊焊丝摆动及其控制模式研究[D].沈阳:沈阳大学硕士学位论文,2012.

作者简介: 张永胜,1976年出生,硕士,副教授。主要从事电气自动化控制科研工作。