

基于 PLC 的管道内焊机控制系统^{*}

皮亚东¹, 孙筠竹², 董 青¹, 张 华¹, 梁天军¹, 于金柱¹

(1. 中国石油天然气管道科学研究院, 河北 廊坊 065001; 2. 同方川崎空调设备有限公司, 河北 廊坊 065001)

摘要:为解决管道内焊机控制系统的可靠性和经济性等问题,将现代控制技术应用到管道工程建设中,深入分析了国外的研究水平及研究动态,结合我国的施工环境,经过多次改进设计,系统采用可编程控制器 PLC 为核心,电机的控制电路和驱动电路作为外围电路,实现了内焊机行走距离的精确控制。PLC 软件修改方便,易于实现各种动作的互锁,减少了外围线路的复杂性。该控制系统被成功地应用于西二线,长期实验结果表明该系统可靠性高、能够适应各种环境工况,达到了预期目标。

关键词:内焊机;可编程控制器;控制电路

中图分类号:TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)02-0206-03

Control system of pipe internal welding machine based on PLC

PI Ya-dong¹, SUN Yun-zhu², DONG Qing¹, ZHANG Hua¹, LIANG Tian-jun¹, YU Jin-zhu¹

(1. China Petroleum Pipeline Research Institute, Langfang 056001, China;

2. Tongfang Kawasaki Air-conditioning Co., Ltd., Langfang 056001, China)

Abstract: In order to solve the reliability and economy problems of the pipe internal welding machine's control system, the research and development of foreign construction technology were reviewed seriously, the construction environment of our country was taken into account, then the modern control technology was applied to pipe engineering construction. Being improved for many times and using programmable logic controller(PLC) as controlling core of the system and control circuit of electric motor as peripheral circuit, the precision control of the movement of pipe internal welding machine was realized successfully. Because it is convenient to modify the program and is easy to realize interlock of various actions for PLC, the complexity of peripheral circuit was reduced. The control system was successfully utilized in the Second West-East Gas Transmission Pipeline Project. Engineering practice indicates that the control system has a high reliability and is suitable for various complicated environment, the design target was reached.

Key words: internal welding machine; programmable logic controller(PLC); control circuit

0 引 言

管道内环缝自动焊机(以下简称内焊机)主要用于长输管线施工中两根被焊钢管管口的组对和根焊工序的完成^[1-2]。内焊机的显著特点是焊接速度快、质量高、操作简单,对工人的技术水平要求不高,工人劳动强度相对较低,特别适合于长距离、大口径管道的焊接。内焊机的电气控制系统一直采用继电器进行控制,由于继电器固有的可靠性低、属于机械触点,触点

易损坏的缺点提高了内焊机的故障率、维修烦琐。

为解决上述问题,本研究将现代控制技术应用到管道工程建设中。

1 系统介绍

内焊机的动力源为压缩空气,安全环保,使用24 V 低电压安全模式,自动控制系统采用以 PLC 为核心的控制技术。焊接电源为普通硅整流电源或逆变电源。本设备采用卧式长构架形式,主要由涨紧机构、行走及

刹车机构、焊接单元、多焊头同步对中定位机构、气动系统、自动控制系统、保护气供给系统、储气罐等部分组成。设备中的焊接电缆、控制电缆、充电电缆、高压气管穿过 12 m 长的不锈钢管,将内焊机与焊接电源、保护气瓶、空气压缩机有机地连成一套系统(如图 1 所示)。内焊机是完成焊接的主体。由于焊接过程在管子内部进行,而焊接过程的控制只能在管子外面,在一个可行走的小车内设置了远程控制箱。使用电缆和高压气管将内焊机与焊接电源、保护气瓶及空气压缩机相连接。为了保护电缆和高压气管,在内焊机和行走小车之间连着一根空心的不锈钢管,电缆和气管从中穿过。内焊机控制系统的电源由 24 V 电瓶提供,电瓶须及时充电,充电电缆也从不锈钢管中穿过。电缆接头、高压气管快速接头均装在行走小车上,装拆方便。

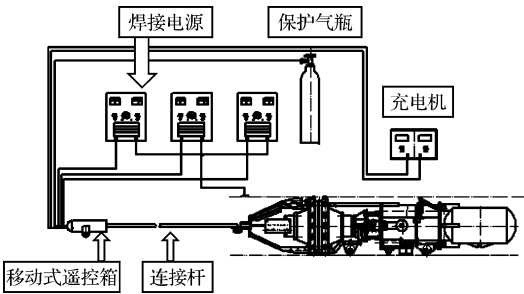


图 1 内焊机工作系统示意图

2 硬件设计

2.1 概述

通过详细了解 PLC 软硬件以及分析内焊机控制的要求,首先选择合适的可编程控制器(PLC),要求其 PLC 的硬件可靠性高,易于安装,便于维护,环境适应性强等。本设备使用的是三菱 FX2N-64MR 系列的 PLC^[3]。该款 PLC 共有 32 路数字输入,32 路继电器输出,平均分成 4 组,每组均不共地。其本身带一个通信口,作为编程口或其他专用通信协议通信时使用,可满足系统的要求。

自动控制系统采用以 PLC 为核心的控制技术。焊接电源为普通硅整流电源或逆变电源。由 PLC 控制器、电机驱动单元、电机控制单元、电磁阀单元、传感器单元等组成,实时控制焊接过程和焊接参数,原理框图如图 2 所示。内焊机的前进和后退、行走和刹车、定位缸的伸缩、前后涨杆的伸缩等控制过程由主操作盘和远端操作盘发出信号,由 PLC 接收信号,并完成各动作的互锁和信号的发出,最终由电磁阀组执行各动作的完成。内焊机焊接工作由远端操作盘给定控制信

号,主控单元接收到后,发出控制电机和其他辅助电磁阀信号,焊机开始焊接和结束信号由旋转电机的编码器来决定,系统根据采集到的脉冲数,通过主控单元计算给出各相应动作,完成焊接并自动回到原始位置点结束整个工作过程。管道内环缝自动焊机控制系统构成框图如图 2 所示。

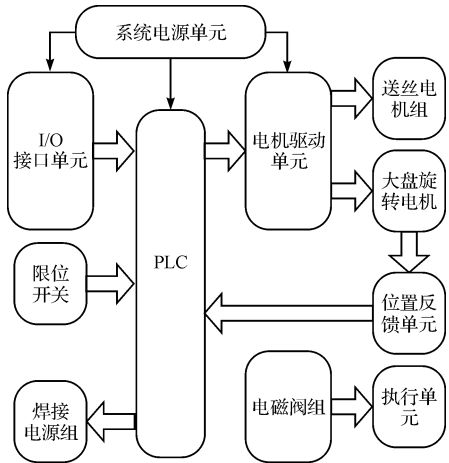
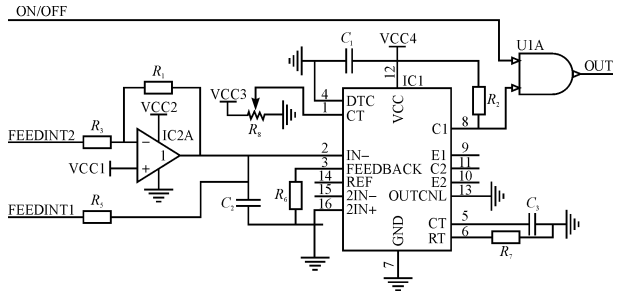


图 2 内焊机控制系统

2.2 控制电路

控制电路采用通用脉宽调制器 TL494^[4],具有通用性和成本低等优点,如图 3 所示。输出电压由 VCC4 决定,它与 U1A 相与后输出。前级放大电路由电压反馈和电流反馈组成,FEEDINT2 是电压反馈,它与设定电压 VCC1 相比较后输出,再与电流反馈 FEEDINT1 经电阻 R_5 后的压降比较输入 TL494 的 2 脚。与 1 脚的设定值比较输出控制 PWM,最终决定 8 脚输出电压的大小。5 脚和 6 脚的 R_7 与 C_3 决定振荡器的振荡频率,输出脉冲的宽度是通过电容 C_3 上的正极性锯齿波电压与控制信号进行比较来实现。此电路输出电压可根据所选电机额定电压来匹配 VCC4 的电压值;能够实现从零到最大速度的无级调速(调节电阻 R_8);两路反馈分别取自电机的两端,一路是电压反馈,一路是电流反馈此路起补偿作用。



2.3 驱动电路

驱动电路如图 4 所示。TL494 输出的脉冲信号,通过与门电路耦合去驱动功率 MOS 管^[5]。 Q_1 与 Q_2 组合成复合驱动电路,增大驱动电流和提高电压。当脉冲电压为正时,MOS 管导通;当脉冲电压为零时,MOS 管截止。 R_2 、 C_1 用于抑制驱动脉冲的尖峰,电容容量越大,滤波效果越好,输出波形越趋于平滑,防止对电机的冲击。

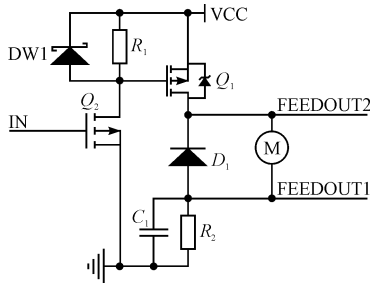


图 4 焊机送丝驱动电路原理图

2.4 编码器计数

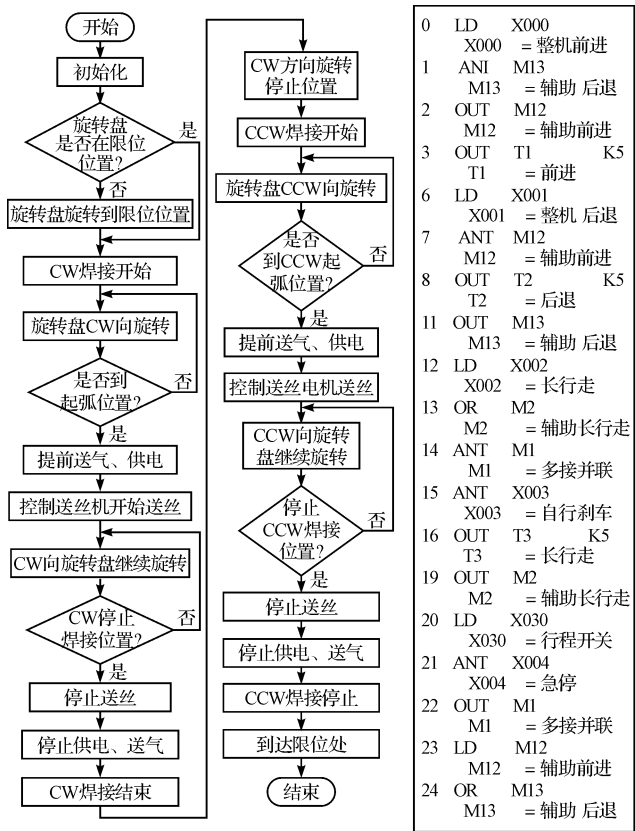
旋转编码器是一个产生脉冲的装置,可将内焊机旋转盘在径向旋转移动的距离转化为旋转编码器的脉冲输出个数。FX2N 中的 16 位增计数器,是 16 位二进制加法计数器,它是在计数信号的上升沿进行计数。每一个计数脉冲上升沿使原来的数值加 1,当现时值加到与设定值相同时,发出一信号指令,则计数器继续计数,直到焊接结束计数器。焊接开始前自动清零,每次焊接没有误差积累,保证了焊接的可靠性。

3 软件设计及实验

根据设备对控制信号的要求,启动后设备的大盘应自动在限位开关位置,如果旋转盘不在此位置,控制系统会根据程序设定旋转大盘电机直到限位位置。内焊机焊接的程序流程图和软件程序语言部分示例如图 5 所示。

采用 PLC 控制,软件修改方便,易于实现各种动作的互锁,减少了外围线路的复杂性,只需修改内部程序就完成,使用继电器必须重新修改线路。焊接电源的反烧延时调节更加准确,各个焊枪调节焊接搭接问题也可以从控制器处修改程序来完成,使设备更加人性化。通过现场焊接实验表明该控制系统优于传统的控制系统,使提前送气和送丝时间更加准确,对于管道的长距离施工更加经济,试验中设备的整体性能和环境适应性都得到了考验,焊缝合格率达到 99% 以上,受到了现场工人和单位领导的好评。该控制系统

已装在设备成功应用于国家西气东输二线的管道建设当中,通过“西气东输”工程,展示了自动焊技术的优越性,其表现出的高效率 and 高质量^[6-8],得到大家的肯定,并引起了各方面的重视。它增强了我们进一步完善、提高现有技术的信心和决心。随着综合技术的发展和提高,长输管道自动焊技术的应用必将日益普及。这对于提高我国管道施工企业的总体技术水平,实现与世界管道建设的接轨,参与国际管道建设市场的竞争有着十分重要的积极作用。



(a) 软件流程图

(b) 编程语言表

图 5 软件设计

4 结束语

内焊机采用先进的数字控制技术和气动技术,实现了对口和焊接系统的结构一体化,整体设计合理,结构紧凑,功能齐全^[9-10]。控制系统实现了焊接过程和焊接参数的程序控制,送丝速度自检测功能方便了现场测试,焊机行走与制动互锁通过软件的延时控制确保了操作安全可靠,通过现场施工使用,在控制系统方面针对国外内焊机存在的问题以及国外内焊机的优点在设计上进行了修改,弥补了设计中的缺点。该控制器对于其他的控制系统设计也具有很好的参考价值。

(下转第 223 页)

等优点。纯水冷却系统主要采用了数字滤波和软件容错技术。

(1) 数字滤波原理如图 4 所示。现场模拟信号具有较低的信噪比,常因瞬时干扰产生较大波动。可以经过 A/D 转换,利用数字滤波滤去噪声信号,获得品质优良的有用信号。工程上数字滤波方法有:平均值滤波法、中位值滤波法^[9-10]、限幅滤波、滑动滤波法等。本系统采用了算术平均值滤波法,即每一次的采样值与前 $N-1$ 次的采样值求算术平均值作为本次的滤波值。

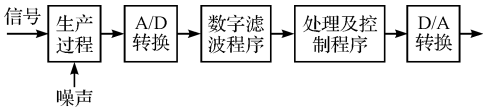


图 4 数字滤波原理图

表 1 冷却系统运行主要数据

SVC 中电流/A	回水温度/(℃)	供水温度/(℃)	供水压力/MPa	供水流量/(T/h)	去离子水电导率/(μs/cm)	供水电导率/(μs/cm)
2 000	26.7	24.7	0.672	40.47	0.09	0.22
2 000	28.2	25.0	0.671	40.11	0.10	0.23
3 200	29.5	25.5	0.670	40.08	0.10	0.23
3 200	31.2	26.1	0.670	39.93	0.10	0.24
4 000	31.3	27.5	0.617	39.83	0.10	0.24
4 000	32.0	27.6	0.617	39.99	0.10	0.25
5 000	33.1	26.5	0.631	40.17	0.10	0.26
5 000	32.5	26.2	0.648	39.82	0.10	0.26

5 结束语

根据密闭式纯水冷却系统的特点,本研究研制了一套完整的 SVC 纯水冷却自动控制系统,并且最终现场安装、调试、运行都达到了相应的要求。对于我国这样一个严重缺水的国家,这种效率高、体积小、无污染、节约水资源的密闭式纯水冷却系统应用前景广阔。

参考文献(References):

[1] Phase control thyristor 5STP 42U6500,Doc. NO. 5SYA1043-2[R]. ABB Switzerland Ltd., Semiconductors,2004.
[2] Effects of temperature on thyristor perform-ance, application note,AN4870-1. 2[R]. Mitel Semiconductor,1998.
[3] 陈建业,沈英奎. 密闭式循环纯水冷却系统及其在工业中

(2) 软件容错技术。首先针对死循环设计了看门狗定时程序,避免控制系统进入死循环;其次,为确保重要的开关量输入信号和易抖动模拟信号的采集,都采用了相应的延时,通过多次读取,结果判定有效才加以采用。

4 运行结果

冷却系统运行期间 SVC 装置的输出电流(直流)为 2 000 A~5 000 A,晶闸管的出水温度低于 35℃,冷却效果好,于 2009 年 11 月交付金华某 500 kV 变电所使用,运行至今状态稳定、可靠。具体运行数据如表 1 所示。

的应用[J]. 电工技术杂志,2001(9):31-32.
[4] 王补宣. 工程传热传质学(上册)[M]. 北京:科学出版社,1998.
[5] 张 扬,蔡春伟,孙明建. S7-200PLC 原理与应用系统设计[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
[6] 高鸿斌,孔美静,赫孟合. 西门子 PLC 与工业控制网络应用[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
[7] 艾 莉,程加堂. PLC 控制系统的电磁抗干扰技术研究[J]. 机械工程与自动化,2009,155(4):167-168.
[8] 西门子中国有限公司. 深入浅出西门子 S7-200 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
[9] 柯赫振. 硬件和软件结合提高微机保护抗干扰能力的措施[J]. 电气应用,2005(5):17-20.
[10] SUN Zhen-wu, HUO Yu-ping, LIU Gen-cheng, et al. Automatic control system of ion electrostatic accelerator and anti-interference measures[J]. Plasma Science and Technology,2007,9(1):101-105. [编辑:李 辉]

(上接第 208 页)

参考文献(References):

[1] 闫 政,梁君直,张 锋. 管道内环缝多焊头自动焊机研究及应用[J]. 电焊机,2004,34(7):28-31.
[2] 曾惠林,杜则裕,黄福祥. 管道环焊缝多焊炬自动内焊机关键技术分析[J]. 焊接学报,2009,30(7):77-80.
[3] 龚仲华,史建成,孙 毅. 三菱 FX/Q 系列 PLC 应用技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
[4] Fairchild Semiconductor International. TL494 SMPS controller datasheet[EB/OL]. [2000-07-12]. http://www.fairchildsemi.com.
[5] ZHANG C. Techniques for low power analog, digital and mixed signal CMOS integrated circuit design[D]. Louisiana

State University,2005.
[6] FORD W E. The development of automatic welding in the pipeline project[J]. Welding Journal,1998,8(3):12-16.
[7] ZENG Hui-lin, DU Ze-yu, MA Jing, et al. Research on key control technologies of all-position automatic welding machine[J]. CHINA WELDING,2009,18(3):69-74.
[8] 陈善本. 焊接过程现代控制技术[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001.
[9] 胡绳荪. 焊接自动化技术及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
[10] 李亚江,王 娟. 焊接原理及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2009. [编辑:李 辉]