

用 CCD 光电测量方法跟踪焊接筒体 环形坡口的数控系统

王地男

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 主要介绍了一种在焊接领域里用 CCD 光电测量的方法进行自动跟踪焊接的数控系统, 在实践中对硬件的设计和坡口的图像软件分析方面作了相应的总结。

关键词: 线阵 CCD; 窄间隙坡口; 像素位地址

1 引言

近年来, 从手动跟踪控制焊接环形窄间隙坡口转变为自动跟踪控制焊接, 是国内焊接制造业致力解决的一个问题。自动控制焊枪跟踪移动, 使其保持在坡口的最佳焊接位置, 这样焊接后的焊缝厚度均匀, 表面平滑, 无裂痕, 明显地提高了焊接质量和焊接速度。在批量工作焊接加工中其经济效益十分可观。但自动跟踪焊接的数控系统是在起弧电流强, 电磁场干扰大, 焊接温度高, 光谱范围宽的恶劣环境下工作的, 所以对窄间隙坡口的图像信号的是取、传输、分析以及数控电路的设计制做都带来一定的困难。我们在与 753 厂的一项合作任务中, 研制开发了一种在特装机床上用线阵 CCD 传感器对筒体对接形成环形窄间隙坡口进行自动跟踪焊接的数控系统。该系统在实际运行中, 经过多次的调试和检测, 达到静态跟踪精度为 ± 0.05 mm, 动态 (氩弧焊接) 跟踪精度小于 ± 0.2 mm, 这种跟踪精度在国内同行跟踪焊接设备中是比较高的, 而且采用的跟踪方式也比较新颖。

2 跟踪环形窄间隙坡口焊接的基本原理

跟踪焊接系统是用光学镜头和线阵 CCD 器件获取窄间隙坡口图像信息的。CCD 传感器、光学镜头及焊枪三位一体安装在特装焊接机床可横向移动的精密机械跟踪架上。光学镜头头部与焊枪头部之间距离为 30 mm, 并呈 30 度角。在 30 mm 距离内环坡口曲线在允许的误差范围内可近似为一直线。窄间隙坡口顶宽为 0.025~0.05 mm, 圆筒表面光洁度为 $\nabla 7$ 左右, 点光源通过光学镜头发出 $\varnothing 6$ mm 的光至坡口表面, 经反射后 1:1 成像于线阵 CCD 传感器上, 调整时将 $\varnothing 6$ mm 光的中心及焊枪口的中心同时调至窄间隙坡口的中心, 坡口中心成像于线阵

CCD 某一像素位,将该像素位作为座标原点 X_0 。当工件旋转时,窄间隙坡口中心像素位 X 偏离座标原点像素位 X_0 ,此时的偏移量为 $\Delta X = X - X_0$,当 $X > X_0$ 时,随动系统将使焊枪负向移动,当 $X < X_0$ 时将使焊枪正向移动,这样焊枪在坡口 ΔX 允许的误差范围内进行跟踪焊接。跟踪焊接数控系统如图 1 所示。

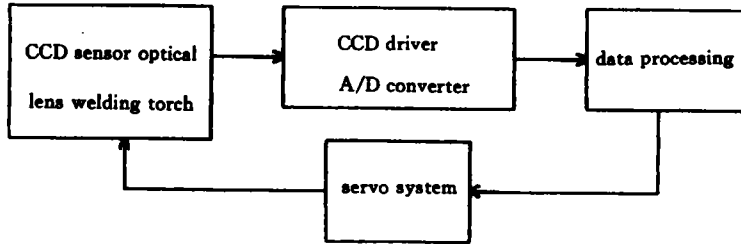


图 1 跟踪焊接数控原理框图

Fig. 1 Block diagram of the digital control tracking and welding system

3 数控系的硬件设计

跟踪焊接数据处理硬件结构如图 2 所示。数控电路采用了 8031 单片机作为主处理器,完成图像数据的采集及图像分析。

图像信号由 CCD 传感器驱动电路转移出去,预处理后,经 A/D 转换进入光电耦合器并行口存入图像存储器,单片机对窄间隙坡口图像进行处理,寻找坡口的中心,并求出坡口中心相对座标原点 X_0 的偏移量,该偏移量通过光电耦合器并行口送入传动电路的 8031 从处理器,经数字滤波器后由功率驱动器驱动步进电机进行闭环跟踪焊接。在主处理器电路中,使用拨断开关作为座标原点 X_0 的记忆器件,并可在调整时利用偏移量指示器随时确定 X_0 。在从处理器电路中设有键盘和显示器,对步进机进行点动、自动等操作。

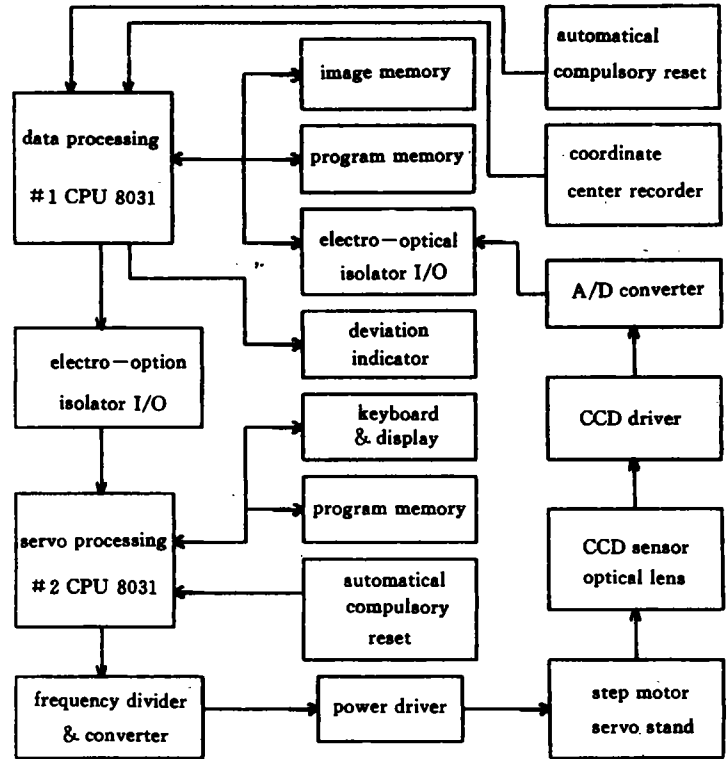


图 2 数控硬件结构图

Fig. 2 Block diagram of the hardware configuration

由于跟踪焊接数控电路是工作在非常恶劣环境之中,氩弧焊起弧时需要高压大电流,因此抗

电磁干扰就成为数控系统的一项重要指标。首先在供电系统中使用隔离变压器和滤波器,电路

低压供电线路中使用多级 π 形滤波器和稳压电路。数字电路板中的地线都采用环形网络,模拟

线路板则采用树形接地方式,各线路板之间均用光电耦合器作数字通讯口。单片机设有自动强制复位电路,非软件程序存贮器区域均写入软件复位码。在机箱内表层覆盖铜屏蔽网并接大地,数控电路地悬浮。采用上述硬件电路及抗干扰措施后,明显的提高了跟踪焊接精度及可靠性。

4 图像处理的软件设计

由于工件表面比较复杂,CCD 传感器分辨率又很高(像素间距为 $14\ \mu\text{m}$),所以窄间隙坡口在 CCD 传感器上的成像十分不规则。理想的成像如图 3(a)所示,有两个曲形的波峰和一个波谷(坡口的像),其中 Y_{lm} 为波谷左峰最大幅值, Y_{rm} 为波谷右峰最大幅值, Y_{0m} 为波谷最小幅值,这时要找出坡口中心像素位置很容易,但实际窄间隙坡口边缘 $\pm 3\ \text{mm}$ 内的表面常有深浅不一的车刀痕及少量的油污,坡口的成像如图 3(b)所示,在这种图像中要找到坡口的中心就比较困难了。

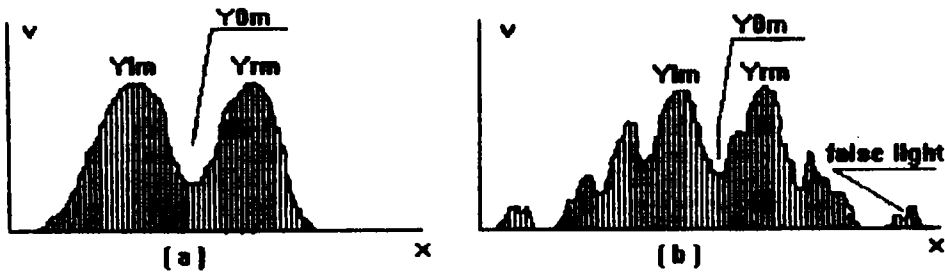


图 3 窄间隙坡口像

Fig. 3 images of the narrow sloping-slot

根据现场工件抽样检测的实际情况,所采取的求窄间隙坡口中心的软件流程如图 4 所示。其中 X_0 为坡口中心原点地址, Y_i 为波谷左峰 Y_{lm} 左边沿的像素幅值, Y_r 为波谷右峰 Y_{rm} 右边沿的像素幅值, Y_0 为 Y_{lm} 和 Y_{rm} 之间的波谷像素幅值。流程图的主要意图是先搜寻到坡口波谷左右两个最大峰值 Y_{lm} 和 Y_{rm} ,然后再在 Y_{lm} 和 Y_{rm} 之间寻找长波谷的中心 Y_{0m} 。

图像存贮器中存贮经 A/D 转换的 CCD 像素电荷幅值数据,数据地址是与 CCD 像素位顺序相对应的。所以搜寻坡口中心就是利用电荷的幅值求出该坡口中心在存贮器中的数据地址,该地址 X 与坐标原点 X_0 地址之差(最小差为 CCD 像素间距 $14\ \mu\text{m}$)则为跟踪偏移量。

求坡口中心方法是先确定一阈值 K , K 值可取在波峰值 Y_{lm} 、 Y_{rm} 的三分之二处。常量 K 值是用来消除各种杂光信号和部分边缘图像,以减少一些不必要的计算和判断,同时可快速搜索到波峰 Y_{lm} 的左边沿。然后从低位至高位地址 X 读取 Y_x 幅值与 K 相比,当 $Y_x \geq K$ 时,则搜索到波峰 Y_{lm} 的左边沿。如果在一定范围内 K 仍大于 Y_x ,则认为该场信息无效。同时也可找到波峰 Y_{rm} 值的右边沿。

从 Y_x 大于 K 开始寻找坡口波谷左边最大峰值 Y_{lm} 像素位地址 X_{lm} :

A: if $(Y_{x+n} > Y_x)$ then $x = x + n$ goto A 继续向中寻找,常数 n 为 CCD 像素位地址数,取值 1 至 5;

if($Y_{x-n} < Y_x$) then $X_{lm} = x$

暂定 Y_x 为左边峰值 Y_{lm} , 并记录 y_x 的地址 X_{lm} ;

if($y_{x+n} > Y_x$) then $x = x + n$ goto A

Y_x 不为左峰值 Y_{lm} 。 m 为坡口破谷的规定宽度, 取值为 20 至 40 个像素位;

if($Y_{x+m} < Y_x$) then $X_{lm} = x$

Y_x 为第一峰值 Y_{lm} , 并记录下 Y_{lm} 的地址 X_{lm} 。

其中 n 值的大小取决于图像的复杂程度, 当 $n > 1$ 时, 进行跳越分段搜索, 这样对一些细小的波峰波谷可减少不必要的分析。 m 的取值是根据不同工作的窄间隙坡口宽度而定, 一般情况下规定坡口的宽度要大于工件表面其它痕迹的宽度。

寻找坡口右边峰值 Y_{rm} 与寻找 Y_{lm} 的方法相同, 只是从图像的高位地址向低位地址的方向进行。 正常情况下, 显然 Y_{rm} 所在的 CCD 像素位地址应大于 Y_{lm} 的地址, 由于坡口表面的碰伤及其它痕迹的影响, 而不能寻到 Y_{rm} 及 Y_{lm} 的正确的位地址, 此时按出错处理, 保持输出偏移量为零。 寻找两个最大波峰幅值是为了排除其左侧或右侧的假坡口像。 而确保在两峰值之间搜索到真坡口像, 这一点对复杂的工件表面来说尤为重要, 当 Y_{rm} 的像素位地址大于 Y_{lm} 的像素位地址时, 可确认波谷在 Y_{lm} 与 Y_{rm} 之间, 搜寻波谷 Y_{om} 的方法为搜寻波峰的逆动算。

5 结束语

上述跟踪焊接窄间隙坡口数控系统采取的硬件和软件设计方法, 是根据现场及工作的实际情况而设计的; 具有操作简单、控制能力强、体积小、可靠性好等优点在数次对工件跟踪焊接的实验中, 都取得了令人满意的效果, 并通过了验收。 上述跟踪方法也可推广到其它类似的加工产品领域中去。

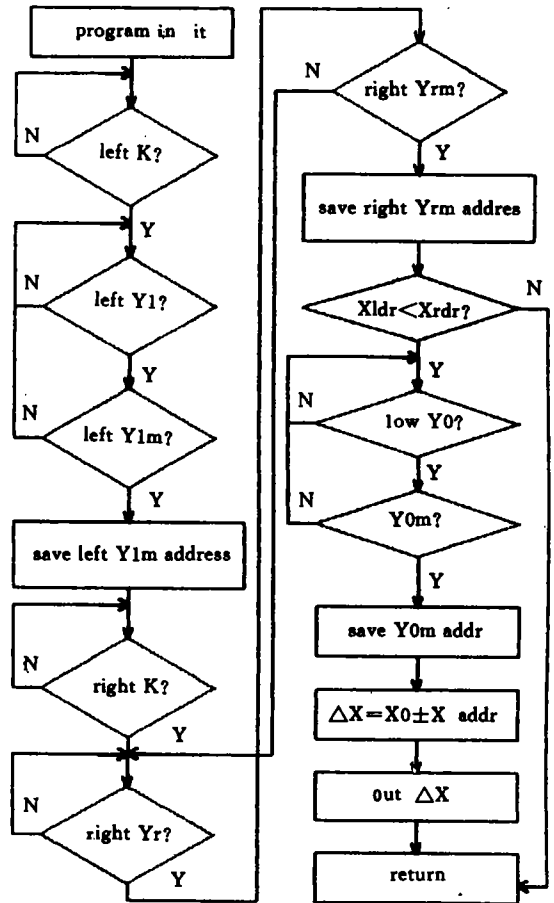


图 4. 软件流程图

Fig. 4 Software Flow chart

参 考 文 献

〔1〕黄泽永,刘江,数控系统主控微机的实现.光电工程,1993,20(1):3—1

**A Digital Control System for the Tracking and Welding
of the Tube-shaped Ringlike Sloping-slot Using the
CCD Electro-optical Measuring Method**

Wang Dinan

*(Chang chun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of sciences, Changchun 130022)*

Abstract

A digital control system to be used for the welding field for the automatic tracking and welding using the CCD electro-optical measuring method was introduced. In practice, the analysis of the hardware design the software of the sloping-slot image was summarized.

Key Words: Linear CCD, Narrow sloping-slot, Pixel position address

王地男 男,1955年9月生,1986年毕业于光机学院软件专业,从事计算机应用方面的工作。CCD方法跟踪焊接数控系统的主要设计者之一。