

电阻焊机自动测厚装置

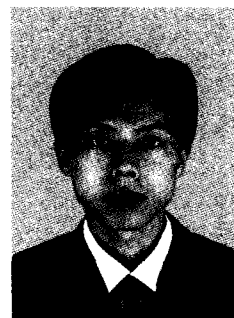
黄 超, 孙东明, 胡永鹏

(昆明理工大学 机电工程学院, 昆明 650093)

摘 要: 为了适应电阻焊技术的发展, 提高电阻焊机的自动化程度, 针对电阻焊机的结构、应用场合, 研究了一套基于光电编码器和 PLC 高速计数器的自动测厚装置。重点介绍了光电编码器的选型、结构、工作原理及其在该测厚装置中的实际应用。该装置能将所测数据自动反馈回焊机控制器, 然后选择预先设定的与焊件厚度相对应的最佳焊接参数, 以便焊机自动分次焊接工件。结果表明, 该测厚装置能达到选择焊接参数的精度要求, 能很好地满足实际生产的要求。

关键词: 电阻焊机; 测厚; 光电编码器; PLC 高速计数器

中图分类号: TH113.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-360X(2008)01-0097-04



黄 超

0 序 言

焊接技术在工业生产中具有极为重要的地位, 其水平高低将对整个工业水平的提高和发展产生重要的影响。焊接设备素有“工业缝纫机”之称, 是国民经济发展必不可少的重要设备。电阻焊技术作为焊接学科的一个重要组成部分。随着新材料、新技术、微机技术和电力电子技术的不断进步, 电阻焊技术出现了前所未有的发展。新一代电阻焊设备不断涌现, 如点焊机器人的诞生、多功能高精度微机自适应控制器的面世、逆变技术和柔性焊接技术在电阻焊设备上的推广, 使得电阻焊机不仅在传统的汽车应用领域独领风骚, 而且还跻身于高科技以及更广泛的应用领域, 成为国民经济中不可缺少的、生产效率极高的一种生产设备^[1]。

电阻焊具有较高的生产效率, 焊接质量易于控制, 易实现生产机械化和自动化, 在大规模的自动生产线中得到了极其广泛的应用。近年来, 国内电阻焊技术有很大进步和提高, 但是与国外先进技术相比, 还有很大的距离, 存在不少问题, 某些行业进口电阻焊机的数量仍然居高不下, 其原因较为复杂。有的因技术原因虽已开发成功, 但尚未形成产品, 推向市场还有一个过程, 还需进一步完善, 逆变电阻焊机就是这一类。电阻焊机虽有一定的发展, 但总的来说, 在技术水平、自动化程度以及可靠性方面与进

口机相比仍有一定的差距, 电阻焊成套设备方面差距更大^[2]。

影响点焊焊点质量的因素是多方面的, 对于确定的焊接材料而言, 焊件厚度是影响焊点质量的关键因素之一; 而且点焊时, 各焊接工艺参数的影响是相互制约的。当电极材料、端面形状和尺寸选定以后, 焊接工艺参数的选择主要是依据焊件厚度来考虑焊接电流、焊接时间及电极压力这三个参数。一般地, 被焊件由于受到现有生产、加工技术的限制, 厚薄不均, 而厚薄不均对选择焊接参数的影响很大; 所以, 此参数成为影响焊件焊接质量与焊接速度的瓶颈问题, 因此, 焊接前, 必须测量焊件的厚度。当然, 手动测量既达不到精度要求, 又满足不了焊接速度的需要。特别是在现有的自动化生产线上, 自动测量、选择焊接参数就显得尤为重要。为此, 研究一种基于光电编码器和 PLC 高速计数器的自动测厚装置, 对输送来的焊件进行厚度测量, 将测量后的数据传输给焊机控制器, 选择预先设定的与焊件厚度相对应的最佳焊接参数, 以便焊机自动分次焊接, 直到焊接完一个工件。

1 自动测厚装置及其原理

1.1 测厚装置

1.1.1 测厚元件

如图1所示: 该测厚装置主要由1-测厚气缸、2-螺母座、3-螺母、4-联轴器、5-光电编码器、6-轴承盖、7-丝杆、8-丝杆箱轴承座等零部件构成。

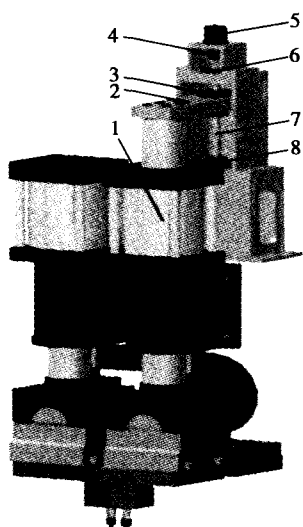


图 1 测厚装置

Fig.1 Thickness measuring device

1.1.2 丝杆螺母机构的参数设计

因其工作要求传递的功率较小,转速也不是很高,所以选择单头螺纹,使螺纹具有较小的导程及导程角。

丝杆尺寸为 $\phi 16 \times 154$ mm, 导程 $l = 10$ mm, 无锥度, 右旋, 牙型为 $\phi 2$ 的圆形螺纹。所以, 丝杆大径 $d = 16$ mm, 小径 $d_1 = 16 - 2 = 14$ mm, 由中径公式 $d_2 = \frac{1}{2}(d + d_1)^{[3]}$ 计算得 $d_2 = 15$ mm。

根据该装置的实际结构, 需将螺母作为原动件, 令其轴向移动来带动丝杆转动。但此时必须满足: 螺纹导程角 $\alpha > \phi_v$ (当量摩擦角)^[4]。

当丝杆转过角 ϕ 时, 螺母移动距离为

$$s = \frac{l\phi}{2\pi} \quad (1)$$

式中: l 为导程; 单线螺纹 $l = p =$ 螺距。

对于光电编码器, 设输出脉冲数为 m , 则轴的

旋转角位移为

$$\phi = \frac{m}{p} \times 2\pi \quad (2)$$

将式(2)代入式(1)得

$$s = \frac{m}{p} \times l \quad (3)$$

为了验证 $\alpha > \phi_v$, 由 $\tan \alpha = \frac{l}{\pi d_2}$ ^[4] 计算得

$$\tan \alpha = \frac{10}{15\pi} \approx 0.2122。$$

当量摩擦角

$$\phi_v = \arctan \frac{f}{\cos \beta} = \arctan f_v \quad (4)$$

式中: f_v 为当量摩擦系数; f 为摩擦系数; β 为螺纹工作面的牙型斜角^[4]。由丝杆材质 45 钢, 螺母 Q235 钢, 查机械设计手册得 $f = 0.11$, $\beta = 30^\circ$, 则

$$\tan \phi_v = \frac{f}{\cos \beta} = \frac{0.11}{\cos 30^\circ} \approx 0.127 < 0.2122。$$

综上所述, 显然 $\alpha > \phi_v$, 不会发生自锁, 能满足传动要求。

1.2 测厚原理

如图 2 和图 1 所示: 测厚气缸选用的是带双活塞杆的特制气缸, 下端活塞杆安装有电极, 上端活塞杆通过刚性构件与螺母固联在一起, 从而将活塞杆的直线运动传递给螺母, 螺母的直线运动转化为丝杆的转动, 丝杆带动光电编码器的轴旋转, 每旋转一圈提供一个确定的计数值和一个复位脉冲, 这些时钟脉冲和复位脉冲作为高速计数器的输入 (光电编码器和 PLC 的接线如图 3 所示), 高速计数器再对这些电信号进行计数 (当光电编码器顺时针旋转时, 高速计数器自动增计数; 当逆时针旋转时, 自动减计数), 并且对采集的电信号进行相关逻辑处理, 通过显示系统显示直线位移值。

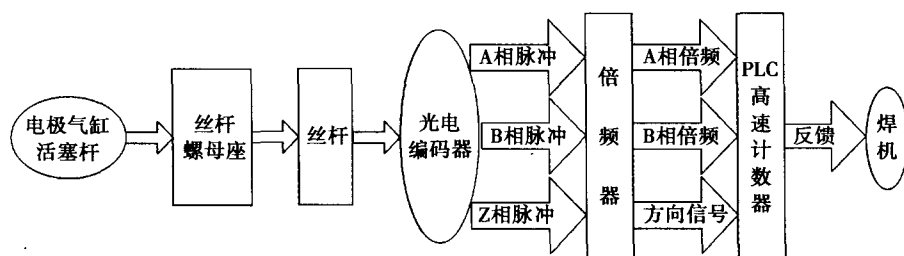


图 2 测厚原理框图

Fig.2 Functional diagram of thickness measuring

获得活塞杆的直线位移前, 必须确定零点位置。上下电极相接触时, PLC 将位移存储区的数值清零。

当活塞杆相对离开时,位移存储区的数值就是上电极相对先前确定零点的位移值,即测量的厚度值。

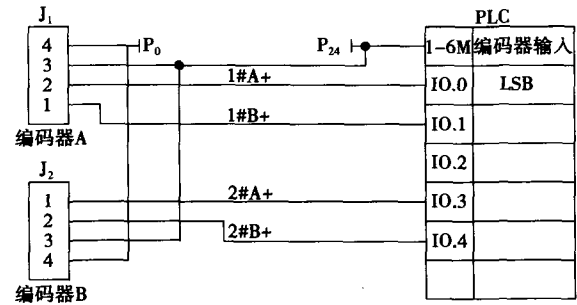


图 3 编码器与 PLC 接线图
Fig.3 Wiring diagram of coder and PLC

2 光电编码器

2.1 光电编码器简述

光电旋转编码器是一种集光、机、电一体的数字式传感器,其典型应用就是位移和角速度测量。由于其高精度、高分辨率、高可靠性、体积小以及使用方便,被广泛应用于工业测量和自动控制等领域。常见的类型有增量式和绝对式。增量式旋转编码器每转一圈产生一系列脉冲,脉冲的多少表示角位移的大小,但它掉电后必须重新调零再使用;绝对式旋转编码器为每个位置提供一个具体数值,掉电情况下数据不会丢失。光电旋转编码器常见的输出类型有:单相输出、正交 A/B 相增量脉冲输出、绝对值格雷码输出等^[5,6]。

2.2 光电编码器的选型

该测厚装置中,选择合适的光电编码器是解决

测厚气缸活塞杆上下位移量采集问题的基础,而编码器的选型主要考虑:增量式或绝对式及其分辨率、允许最大转速(响应频率)、外形尺寸、轴允许荷重等^[7]。

2.2.1 分辨率的确定

所测的焊件厚度一般在 1~4 mm 之间,为了细分焊接参数,要求测量结果达到三位有效数字(小数点后保留两位)。要达到此测量准确度,需选择分辨率 p 为 2 000 P/r 的光电编码器,即编码器的轴每转一圈产生 2 000 个脉冲。其转角分辨率为

$$\Delta\theta = 2\pi/p = 2 \times 180^\circ/2\,000 = 0.18^\circ$$

如果对光电转换信号进行逻辑处理,可以得到 2 或 4 倍频的脉冲信号,从而进一步提高编码器的分辨率,此时(若设 4 倍频)的转角分辨率为

$$\Delta\theta = 2\pi/4p = 2 \times 180^\circ/8\,000 = 0.045^\circ$$

2.2.2 响应频率的确定

给出光电编码器的响应频率为

$$f = \frac{n}{60} \times p \tag{5}$$

式中:转速 n 为 300 r/min;分辨率 p 为每转 2 000 脉冲。经计算得响应频率 $f = 5 \times 2\,000 = 10$ (kHz)。

在角度、位移和角速度测量场合,增量式光电编码器较绝对式光电编码器在成本和简易程度上有很大优势。该测厚装置要与吊耳焊机联动,并且测量头有上下运动(带动丝杆及编码器传动轴正反方向旋转),还要有对零点(基准点),所以选择 A、B、Z 三相增量式光电编码器。

综合以上因素,决定选用 OMRON 公司的 E6B2 - CWZ6C 增量式光电编码器。其特性参数如表 1 所示。

表 1 E6B2 - CWZ6C 光电编码器特性参数
Table 1 Characteristic parameters of E6B2 - CWZ6C

	施加电压	残留电压	NPN 电流	电流消耗	分辨率	最高响应	转动	惯性矩	允许最高	轴容许	外形尺寸	轴	重量
	U/V	U/V	I/mA	I/mA	$p/(p/r)$	频率 f/kHz	力矩 $M/(mN \cdot m)$	$I/(kg \cdot m^2)$	转速 $n/(r \cdot min^{-1})$	推力 F/N	$\phi/(mm \times mm)$	$\phi/(mm)$	$G/(g)$
集电极 开路 NPN	DC30	0.4	35	70	2 000	100	0.98	1×10^{-6}	6 000	20	40 × 39	6	100

2.3 E6B2 - CWZ6C 型光电编码器的结构及原理

E6B2 - CWZ6C 型光电编码器是可逆增量式有原点输出的编码器,只在旋转期间输出与旋转角度成比例的脉冲数,在静止状态下不输出。它通过内部的机械装置将旋转角度信号转换成与之成比例的光脉冲信号,然后将光脉冲信号转换为相应的电脉冲信号,其结构如图 4 所示^[8]。

随着轴的旋转,写入黑白光学图形的磁盘也开始旋转,相应地,通过 A、B 相狭缝的光就会被发光

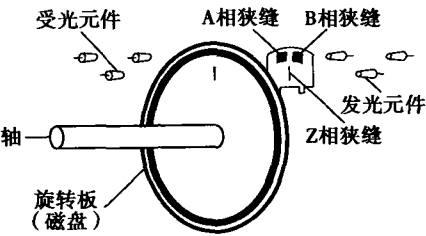


图 4 光电编码器结构图
Fig.4 Structure drawing of photoelectric coder

二极管 LED 的光透过或遮断,形成与旋转角度成比例的光脉冲信号。该光脉冲信号经光电晶体管接收,控制光电晶体管导通或截止,从而在集电极输出电流信号,再经波形整形为两个矩形波的电脉冲信号。该编码器输出为 AB 两相输出,其脉冲频率反映了旋转角速率的大小;其相位关系反映了旋转的极性。若顺时针旋转,则 A 相输出比 B 相输出超前 1/4 个周期(90°);若逆时针旋转,则 A 相输出比 B 相输出滞后 1/4 个周期(90°),编码器的输出矩形波如图 5 所示^[8]。采用逻辑电路判断编码器输出的 A、B 相输出脉冲时序便可确定码盘的旋转方向,并且对 A 相或 B 相的输出脉冲进行计数统计,得出旋转的角位移。

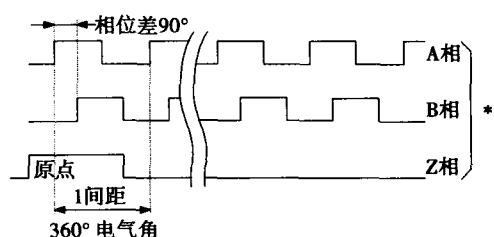


图 5 光电编码器输出波形图

Fig.5 Output oscillogram of photoelectric coder

3 测厚装置在电阻焊机中的实际应用

3.1 该装置的测厚动作过程

图 1 中,焊机的上电极由气缸 1 的下端活塞杆固联;下电极由油缸活塞杆带动。焊接之前,先进行对零点操作:给焊机对零点信号,焊机输出信号以打开电磁阀使油缸活塞杆带着下电极上升到位。然后给焊机气缸 1 的电磁阀发信号,使气缸 1 的活塞杆带着上电极下降到位,从而上下电极接触对零点(PLC 将位移存储区的数值清零)。然后给焊机信号,让气缸 1、油缸的活塞杆缩回复位,等待焊件的输送到位。在气缸 1 的活塞杆上升过程中,螺母 3 带着右旋式丝杆 7 顺时针旋转,相应地,光电编码器 5 的轴也是顺时针旋转,则光电编码器发出的 A 相脉冲就超前 B 相脉冲 1/4 个周期(90°),采用 PLC 高速计数器的逻辑电路判断编码器输出的 A、B 相输出脉冲时序便可确定码盘的旋转方向,并且对 A 相或 B 相的输出脉冲进行加计数统计,由公式(2)计算得出旋转的角位移。然后通过公式(1)计算得出上电极相对零点上升的位移。

当输送机构将焊件输送到位后,给出焊接信号,焊机输出信号打开电磁阀使油缸活塞杆带着下电极上升到位(零点位置),然后给焊机气缸 1 的电磁阀发信号,使气缸 1 的活塞杆带着上电极下降,此过程

中,螺母 3 带着右旋式丝杆 7 逆时针旋转,相应地,光电编码器 5 的轴也是逆时针旋转,则光电编码器发出的 A 相脉冲就滞后 B 相脉冲 1/4 个周期(90°),PLC 高速计数器的逻辑电路判断编码器输出的 A、B 相输出脉冲时序便可确定码盘的旋转方向,并且对 A 相或 B 相的输出脉冲进行减计数统计,同样由公式(1)和(2)得出上电极相对下降的位移,则最后结果即为焊件的厚度值。

3.2 测量精度

选用的丝杆导程为 10 mm, E6B2 - CWZ6C 型光电编码器分辨率为 2 000 P/r, PLC 高速计数器设定为四倍频计数。故测量精度为:

$$\mu = \frac{10}{2000 \times 4} = 0.00125 \text{ mm}.$$

根据实际使用情况,选择的测量值精度为 0.01 mm。

4 结 论

焊件厚度测量装置是电阻焊机的重要组成部分, E6B2 - CWZ6C 增量式光电编码器和 PLC 高速计数器又是该测厚装置的核心。试验证明该测厚装置性能稳定,可靠性高,测量结果精度高,能很好地满足焊机控制器根据焊件的不同厚度值来选择最佳焊接参数,从而完全实现焊接自动化。该测厚装置的运用不仅提高了工作效率,而且大大地改善了焊接质量,具有较高的推广和使用价值。

参考文献:

- [1] 王福生. 国内外电阻焊设备的发展[J]. 电焊机, 2005, 35(2): 1-4.
- [2] 中国机械工程学会焊接学会电阻焊(Ⅲ)专业委员会. 电阻焊理论与实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994: 113-115.
- [3] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计[M]. 7 版. 北京: 高等教育出版社, 2001: 61-62.
- [4] 孙 桓, 陈作模. 机械原理[M]. 5 版. 北京: 高等教育出版社, 1996: 113-114.
- [5] 常 春, 胡 瑜, 董 彬. 光电旋转编码器的研究与应用[J]. 仪表技术与传感器, 2001, 21(12): 34-35.
- [6] Yuji Matsuzoe, Nobuhiko Tsuji, Tomoharu Nakayama, et al. High-performance absolute rotary encoder using multitrack and M-code[J]. Optical Engineering, 2003, 42(1): 124-131.
- [7] 蔡 崧. 传感器与 PLC 编程技术基础[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 24-26.
- [8] 黄 超. 数字式传感器测厚系统的研究及应用[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007: 23-25.

作者简介: 黄 超, 男, 1982 年出生, 硕士研究生。主要研究方向为机械 CAD/CAE/CAM。发表论文 3 篇。

Email: huangchao123456@163.com