

# GTA 电弧弧长自动稳定单片机控制系统

吴毅雄 黄 坚 赵 颖

(上海交通大学)

**摘要** 本文分析了弧长变化过程和弧长变化允许范围域,得出了最大坡度角  $\alpha_{\max}$  和焊枪一次运行步数  $N$  的计算公式。经过硬件和软件的抗干扰设计,解决了因伪信号而引起的误纠差调整问题,有效地保证了弧长在焊接过程中自动稳定在所设定的范围内。

**关键词** GTAW; 弧长自动稳定; 单片机控制

## 0 序 言

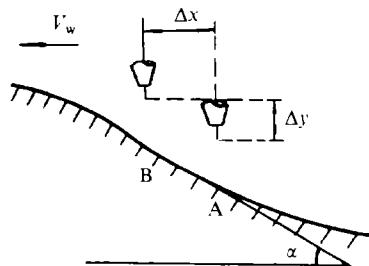
薄板构件 GTAW 时,由于焊接过程中由焊件的变形引起工件与钨极之间的距离变化是不可避免的,随之带来电弧参数( $U_a, I_a$ )的变化。如果采用恒流电源,则主要引起  $U_a$  的变化,产生热输入的变化。对薄壁构件来说,焊接过程中工件的线能量允许范围很窄,在焊接速度不变的条件下,  $U_a$  变化则会造成工件的焊透性变差或烧穿。严重时会造成工件与钨极的短路。因此,本文在工艺分析基础上,提出了一种弧长自动稳定在设计值范围内的控制系统。

## 1 焊接过程中弧长变化过程分析

无论是焊接过程中工件的变形或工件原始加工装配情况所造成的弧长变化,都可以概括为上坡焊和下坡焊两种情况。

图 1 为上坡焊情况(下坡焊类同)的焊枪变化轨迹。焊枪的横向位移和纵向位移由步进电极驱动。当电弧从 A 点沿坡度随焊接方向以一定焊接速度移至 B 点时,如果没有焊枪的纵向位移,则电弧长度变小,焊接电压  $U_a$  变低,当  $U_a$  小于硬件所设定的电弧长度正常值范围。单片机系统通知驱动系统使焊枪纵向提升  $\Delta y$ ,使电弧弧长稳定在正常值。因此,弧长稳定在正常值的临界条件为

$$\tan \alpha = \Delta y / \Delta x = \frac{\Delta y / \Delta t}{\Delta x / \Delta t} \quad (1)$$



$V_w$ : Welding speed;  $\Delta x$ : Horizontal placed amplitude of welding torch;  $\Delta y$ : Vertical placed amplitude of welding torch;  $\alpha$ : Gradient angle

图 1 上坡焊弧长变化分析

Fig.1 Analyse of arc length variation for upward slop welding

式(1)中

$$\Delta y/\Delta t = V_s \quad (2)$$

 $V_s$  — 焊枪纵向调节速度。

$$\Delta x/\Delta t = V_w \quad (3)$$

将式(2)、式(3)代入式(1), 得

$$\operatorname{tg}\alpha = V_s/V_w \quad (4)$$

从式(4)中可知, 如果  $V_s < V_w \cdot \operatorname{tg}\alpha$ , 则随  $\alpha$  增加, 电弧弧长则变得越来越短, 最后发生工件和钨极短路。当  $a$  可由工艺试验或工件原始情况所确定, 则  $V_s$  与  $V_w$  有相互制约关系。在所设计的计算机软件和弧长自动稳定控制系统中, 设定一次弧长调节时间  $T_f$  为弧长变化情况的采样时间  $T_d$  和焊枪纵向位移时间  $T_m$  之和,

$$T_f = T_d + n \cdot T_m \cdot N \quad (5)$$

式中,  $T_d$  —— 一次采样时间;  $T_m$  —— 步进电机纵向位移一步的时间;  $n$  —— 采样次数;  $N$  —— 步进电机步数。上式中, 采样时间  $T_d$  由试验确定。根据试验,  $T_d$  须占  $T_f$  的 50% 以上,  $T_d$  过小, 则不能真实反映电弧弧长变化情况; 焊枪纵向位移时间  $T_m$  由步进电机特性确定, 为步进电机的最大起动频率; 步数  $N$  由设定的位移范围确定, 因此式(2)中,  $\Delta t = f[T_m]$ 因此, 取定  $T_f$  以及按工艺要求取定焊枪纵向位移量  $\Delta y$  后, 焊枪调节速度  $V_s$  也确定。所以从式(4)中可以得出最大工件坡度角为:

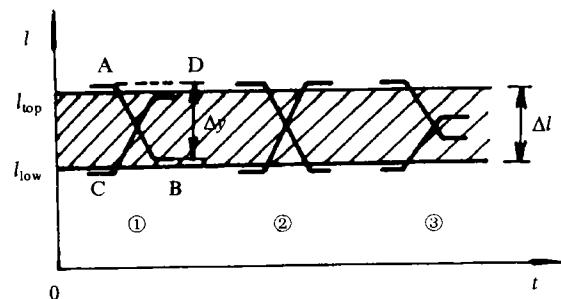
$$\alpha_{\max} = \operatorname{tg}^{-1} V_s/V_w = \operatorname{tg}^{-1} f[T_m] \quad (6)$$

从上式可以看出, 最大工件坡度角受焊接速度反比制约。

## 2 弧长变化允许范围域的设定分析

弧长变化的允许范围域的设计, 直接反映了所设计的弧长自动稳定系统的灵敏度和精度。范围域太小, 灵敏度过大, 在焊接过程中频繁发生焊枪调节现象, 在工艺上不会带来益处; 范围域太大, 则焊枪调节系统过于“麻木”。允许范围域大小还与所设定的一次焊枪纵向位移量有关。图2为弧长变化允许范围域与一次焊枪纵向位移量之间关系示意图。图2中①粗实线为最佳一次纵向位移量情况, ②粗实线为一次纵向位移量过大情况, ③为一次纵向位移量过小情况。

由图2可见, 最理想的一次纵向位移量等于弧长变化允许范围稳定域宽



Δl: Width of allowed extent stable range of arc length  
 $\Delta y$ : One-off vertical placed amplitude of welding torch  
 $l_{\text{top}}$ : Upper bound value of extent range  
 $l_{\text{low}}$ : Lower bound value of extent range

图2 弧长变化允许范围稳定域与一次焊枪纵向位移量关系

Fig.2 Relationship between allowed extent stable range of arc length variation and one off vertical placed amplitude of welding torch

度。如果设计的一次纵向位移量  $\Delta y > \Delta y_{理}$ , 则自动稳定系统出现焊枪纠差振荡; 如果  $\Delta y < \Delta y_{理}$ , 则自动稳定系统的纠差反应能力降低。

因此, 与  $\Delta y_{理}$  相应的理想步进电机一次运行步数  $N_{理}$  应遵循下列公式进行取整设计,

$$N_{理} = \left[ \frac{f[\Delta l]}{f[\Delta l_{arc}]} \cdot \frac{N_0}{\Delta l_1} \cdot \Delta l_2 \right] \quad (7)$$

式中,  $f[\Delta l]$  —— 与弧长变化允许范围稳定域宽度相对应的硬件窗口电压范围

$f[\Delta l_{arc}]$  —— 与单位弧长变化量相对应的电弧电压增量

$N_0$  —— 机械位移执行丝杆转一圈所需的步进电机步数

$\Delta l_1$  —— 机械位移执行丝杆转一圈纵向位移量

$\Delta l_2$  —— 单位弧长变化量

按式(7)所设计, 一旦弧长偏离  $\Delta l$  区域, 如图 2 中的 A、C 点, 则焊枪调整一次分别进入  $\Delta l$  范围内的 B、D 点, 这样, 在保证弧长变化不会对焊缝质量产生影响的前提下, 焊枪调整频率不致过快或过于“麻木”。

### 3 弧长变化的检测与单片机处理

#### 3.1 弧长变化的检测

采用电弧电压本身作为检测弧长变化量的传感器。当弧长变化幅值为一定量时, 假定其它条件不变, 且不考虑干扰因素, 则电弧电压发生实时电弧电压增量  $\Delta U_{Arc}$ 。当  $\Delta U_{Arc}$  大于所设计值时, 焊枪进行一次调整。 $\Delta U_{Arc}$  的检测线路如图 3 所示。图中  $U_{gtop}$  为给定信号上电压,  $U_{glow}$  为给定信号下电压, 显然,  $U_{gtop} - U_{glow}$  就是式(7)中  $f[\Delta l]$ ,  $U_a$  为实时电弧电压值。三种组合状态如下:

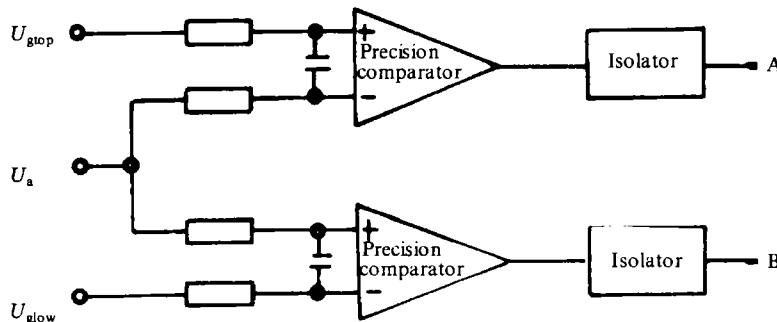


图 3 弧长变化检测线路

Fig.3 Detection circuit for arc length variation

$U_{gtop} > U_a > U_{glow}$ , A、B 均为高电平, 计算机认为弧长正常;

$U_{glow} > U_a$ , A 为高电平, B 为低电平, 计算机认为弧长偏短;

$U_a > U_{gtop}$ , A 为低电平, B 为高电平, 计算机认为弧长偏长。

计算机获得弧长偏短或偏长信息, 就立即执行焊炬纵向位移, 使弧长自动稳定在所设计的稳定

域范围内。

### 3.2 单片机处理

尽管在弧长变化检测硬件系统中采用了一些抗干扰措施,但是由于干扰源是多方面的,无论是电网干扰、焊接电源波形、外部环境,还是整个系统内的有源或无源干扰,这些干扰都不可能十分理想地清除。尽管这些干扰都是瞬时变化的,但最终都反应在图3中A、B的电平变化。如果,这些干扰得不到有效地清除或限定在一定范围内,则焊枪因伪信号而发生误调整。因此,从系统而言,尤其在计算机软件设计思想中,应该具有对干扰的一定容忍度,避免因伪信号而引起的焊枪误调整。

在计算机软件设计中,采用数字滤波技术,即采集多个数据后取平均值的方法。实际用迭加法代替算术平均法,有同样的效果,即将A、B信号采集n次,经判断后得n个逻辑结果。在该n个结果中,将弧长偏长的个数存于(Long)单元,得累加数 $\Sigma_1$ ;将弧长偏短的个数存于(Short)单元,得 $\Sigma_2$ 。当 $\Sigma_1 = \Sigma_2$ ,则认为弧长变化未超过允许值;当 $\Sigma_1 \neq \Sigma_2$ ,表示弧长变化可能超过允许值。但是注意到干扰因素,还应该对 $\Sigma_1$ 和 $\Sigma_2$ 的差值进行判断。如果 $\Sigma_1$ 和 $\Sigma_2$ 较接近,则认为弧长变化量还在允许范围内, $\Sigma_1$ 和 $\Sigma_2$ 的差值只是由干扰引起的。因此,当n=100时,可按

$$X = |\Sigma_1 - \Sigma_2| \geq 50 \quad (8)$$

进行设计。当然,次数n越大,可信度越大,但相应地增加了式(5)中的 $T_r$ 。所以,n的取数应该进行系统设计,相应地50这个数也可进行调整。图4为弧长自动稳定控制系统的流程图。

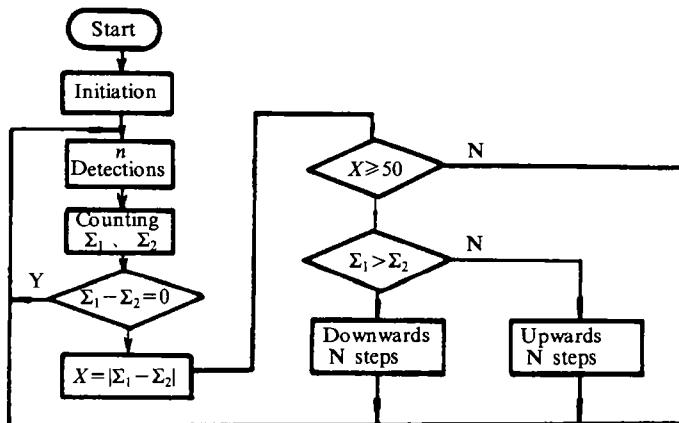


图4 弧长自动稳定控制系统流程图

Fig.4 Flow diagram of control system for automatic arc length stabilizing

### 4 试焊试验

试焊试验采用如图5所示的工件结构。试验时,分别就无弧长自动稳定系统和有弧长自动稳定系统进行焊接。在图5(a)上A、B、C点所分别测得的电弧电压示波图分别见图5中的(b)、(c)。明显可看见,采用所设计的弧长自动稳定系统,电弧电压十分稳定,起到了保证焊缝质量的作用。

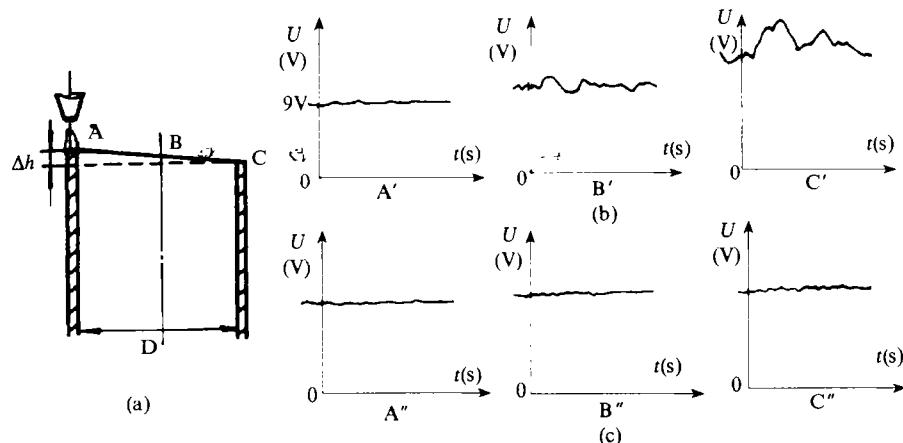


图5 试验工件结构及光线示波图

Fig.5 Experimental workpiece and photoelectric oscilograms

## 5 结 论

- (1) 通过弧长变化过程分析,得出了最大坡度角  $\alpha_{\max}$  与  $V_s$  和  $V_w$  之间的关系,为设计弧长自动稳定系统提供了设计依据;
- (2) 在满足焊缝质量的前提下,提出了弧长变化允许范围域和步进电机一次运行步数的关系式。
- (3) 软件上采用数据迭加滤波方式,得到了令人满意的弧长自动稳定结果。

(1994年11月18日收到修改稿)

## 参 考 文 献

- 1 艾雍宜等. 单片机控制焊缝跟踪系统的研制. 电焊机, 1989, (1): 10~14
- 2 汪林等. 微型计算机过程控制系统. 沈阳: 东北工学院出版社, 1989.
- 3 吴林等. 焊接过程的微计算机测示和控制. 北京: 新时代出版社, 1986.
- 4 刘振东. 微型机应用系统抗干扰技术. 北京: 人民邮电出版社, 1991.
- 5 张友德等. 单片微型机原理、应用与实验. 上海: 复旦大学出版社, 1992.

## Single-chip computer control system for automatic stabilizing of arc length during GTAW process

Wu Yixiong, Huang Jian, Zhao Ying

(Shanghai JiaoTong University)

**Abstract** Through the analyse of the arc length alternating process and the allowed extent range for arc length variation, the calculation formula of the maximal gradient angle  $\alpha_{\max}$  and one-off moved step number  $N$  of welding torch in this paper are obtained. With the an tijamming design of hardware and software, the ploblem of false regulation caused by dummy signal is solved, and the automatic stabilizing of arc length during welding process in the designed range effectively is guarranteed.

**Key words** GTAW; arc length automatic stabilizing, signle chip computer control